WEBERS ILLUSTRIRTE KATECHISMEN.

No 42

Haas.

Geologie.

6. Auflage.

3 Mark

LEIPZIG, VERLAG von J. J. WEBER.

Quellenkunde.

Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers von Prof. Dr. Hippolyt J. Haas. Mit 45 Abbildungen. Preis 4 Mark 50 Pf.; in Leinwand gebunden 6 Mark.

Nach einer sehr interessanten Uebersicht der verschiedenen Ansichten über den Quellenursprung seit dem Altertum erklärt der Verfasser die neuesten Theorien über die Entstehungsweise der Quellen in ihren Hauptzügen und behandelt sodann in fünf Abschnitten das Verhältnis der Quellen zu ihrem Areale, die Thermalquellen, die Mineralquellen, das Grundwasser und endlich die Kunst, wie man Quellen finden kann. Der Leser wird durch dieses Buch also darüber aufgeklärt, wie das aus den Wolken auf die Erdoberfläche herabströmende Regenwasser durch die verschiedenen geologischen Schichten der Erde hindurchdringt, um dann je nach den Umständen der Temperatur, der chemischen Beschaffenheit des Bodens u. s. w. als Grundwasser, als Thermal- oder als Mineralquelle wieder an irgend einer oft weit entfernten Stelle hervorzutreten.

Katechismus der Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie).

Von Prof. Dr. Hippolyt Haas. Mit 178 Abbildungen. Preis gebunden 3 Mark.

Allgemeiner Teil. Geschichte der Petrefaktenkunde. — Die paläontologische Litteratur. — Von den Gesteinen, in welchen Versteinerungen sich finden. — Entwickelung der organischen Welt in den verschiedenen geologischen Perioden. — Untersuchungsmethoden der Versteinerungskunde. — Systematik. **Spezieller Teil: Paläozoologie. Die Versteinerungen der Tierwelt.** Einteilung des Tierreichs. — Protozoa. Urtiere. — Coelenterata. Pflanzentiere. — Echinodermata. Stachelhäuter. — Vermes. Würmer. — Bryozoa. Mooskorallen. — Brachiopoda. Armfüßler. — Mollusca. Weichtiere. — Arthropoda. Gliedertiere. — Tunicata. Tunikaten. — Vertebrata. Wirbeltiere. — Der fossile Mensch. **Paläophytologie. Versteinerungen der Pflanzenwelt.** Einteilung des Pflanzenreichs. — Kryptogamen. — Phanerogamen. — Entwickelungsgeschichte der Pflanzenwelt.

Katechismus der Mineralogie.

Von Dr. Eugen Hussak. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 154 Abbildungen. Preis gebunden 2 Mark 50 Pf.

Mineralogie. — Krystallographie. — Kanten, Ecken und Flächen; Krystallsysteme: Symmetrie der Krystalle, Parameter; Holo- und Hemiedrie. — Reguläres, tetragonales oder quadratisches, hexagonales, rhombisches, monoklines und triklines System. — Hemimorphismus; Zwillingsbildungen. — Verwachsungen; Ausbildungsweise der Krystalle; ein- und aufgewachsene Krystalle; Aggregate. — Pseudomorphosen. — Mineralphysik. — Spaltbarkeit, Bruch, Härte, Tenazität und Elastizität. — Spezifisches Gewicht; optische Eigenschaften; Pleochroismus, Asterismus, Fluorescenz. — Glanz, Farbe, Strich, Pellucidität, Phosphorescenz. — Thermische, elektrische, magnetische Eigenschaften und physiologische Merkmale. — Mineralchemie. — Elemente, deren Zeichen, Valenz. — Chemische Konstitution der Mineralien. — Chemische Reaktionen der Mineralien. — Heteromorphismus und Isomorphismus. — Bildung, Vorkommen und Umwandlung der Mineralien. — Systematik und Nomenklatur. Elemente. — Schwefelverbindungen. — Oxyde. — Haloidsalze. — Sauerstoffsalze. — Organische Verbindungen.

Katechismus der Petrographie.

Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Dr. J. Blaas. Mit 40 Abbildungen. Preis gebunden 2 Mark.

Allgemeine Petrographie. Das Gesteinsmaterial. Allgemeines über die konstituierenden Bestandteile der krystallinen Gesteine. — Bestimmung der Gemengteile. — Untersuchung auf makroskopischem Wege. — Mikroskopische Untersuchung. — Mikrophysiographie der wichtigsten gesteinbildenden Mineralien. — Morphologische, physikalische (optische) und chemische Eigenschaften. — Mikroskopische Beschreibung der wichtigsten Gemengteile. Elemente. — Schwefel- (und ähnliche) Verbindungen. — Oxyde. — Haloidsalze. — Sauerstoffsalze. Die Strukturformen. Makrostruktur und Mikrostruktur der krystallinen Gesteine. — Absonderungsformen der krystallinen Gesteine. Strukturformen und Absonderungsformen der klastischen Gesteine. Physikalische und chemische Eigenschaften. Systematik der Gesteine. **Spezielle Petrographie.** Einfache Gesteine. Eisgesteine. — Haloidgesteine. — Kieselgesteine. — Silikatgesteine. — Erzgesteine. — Kohlengesteine. Gemengte krystalline Gesteine. Nichtschiefrige (massige). — Schiefrige. Klastische Gesteine. Vulkanogene klastische Gesteine. — Feste Zusammenschwemmungsgebilde. Psephite. — Psammite. — Pelite. — Limmatische Gesteine. Lose Haufwerke. — **Geologische Petrographie.** Lagerungsformen der Gesteine. Geschichtete Gesteine. — Massige Gesteine. — Entstehung der Gesteine. Eruptivgesteine. — Sedimentgesteine. Metamorphose der Gesteine. Verwitterung. — Lokaler und allgemeiner Metamorphismus. **Anhang.** Uebersicht der geologischen Formationsgruppen.

Katechismus der Geologie.

Katechismus

der

Geologie

von

Dr. Hippolyt Haas,
Professor an der Universität Kiel.

Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 157 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Tafel.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber
1898

Vorwort zur sechsten Auflage.

Die vorliegende sechste Auflage ist einer wesentlichen Umarbeitung und Vervollständigung in allen ihren Teilen unterzogen worden. Auch wurde die Zahl der Abbildungen vermehrt. Allen Gönnern und Freunden meines Buches, die mich auch dieses Mal wieder bei dessen Verbesserung unterstützt und demselben ihr Interesse bezeigt haben, meinen besten Dank!

H. Haas.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Erster Abschnitt.

Die allgemeinen Verhältnisse unseres Erdkörpers.

Zweiter Abschnitt.

Gesteinslehre oder Petrographie.

Dritter Abschnitt.

Der Vulkanismus oder die vulkanischen Erscheinungen.

Vierter Abschnitt.

Die geologischen Wirkungen des Wassers und des Eises.

Elfter Abschnitt.

Die archäische Formationsgruppe oder Aera.

Zwölfter Abschnitt.

Die paläozoische Formationsgruppe oder Aera.

Dreizehnter Abschnitt.

Die mesozoische Formationsgruppe oder Aera.

Vierzehnter Abschnitt.

Die känozoische Aera oder Formationsgruppe.

Fünfzehnter Abschnitt.

Katechismus der Geologie.

Einleitung.

Definition des Wortes Geologie.

Die Geologie ist die Lehre vom innern Bau der festen Erdkruste und von deren Bildungsweise. Sie beschäftigt sich demnach mit unserm Erdkörper so, wie er heute vorliegt, und so, wie er sich gebildet hat.

Einteilung der Geologie.

Die Geologie behandelt demnach folgende Fragen:

1. Welches ist die Gestalt unserer Erde, welches ihre Größe und wie ist ihre Oberfläche beschaffen?

2. aus welchem Material ist die Erde, soweit wir in ihre Tiefen einzudringen vermögen, aufgebaut?

3. welches sind die Lagerungsformen dieses Materials?

4. welche Kräfte sind thätig gewesen, um dieses Material zu bilden und der Erdoberfläche ihre Gestaltung zu geben?

5. welches war die Entwicklung unseres Erdkörpers, vom Moment an, in welchem derselbe ein selbständiger Körper im Weltall wurde, bis zum heutigen Tage?

Auf die erste Frage giebt uns die physiographische Geologie, auf die zweite die Lehre von den Gesteinen oder die Petrographie, auf die dritte die Lehre von den Lagerungsformen oder die architektonische Geologie, auf die vierte die dynamische Geologie oder

die Lehre von den vulkanischen Erscheinungen, von der geologischen Thätigkeit des Wassers, der Winde 2c., auf die fünfte endlich die Lehre von den Sedimentärformationen oder die historische Geologie Antwort.

Die Hilfswissenschaften der Geologie.

Daraus erhellt, daß die Geologie verschiedener Hilfswissenschaften bedarf, als da sind: die Astronomie, die Mathematik, die Physik, die Chemie, die Geographie, vor allem aber die Mineralogie und die Versteinerungslehre oder die Paläontologie.

Zur Geschichte der Geologie.

Die Geologie ist, wie schon betont wurde, eine verhältnismäßig noch junge Wissenschaft, deren eigentliche Anfänge erst vom Ende des vorigen und vom Anfange des jetzigen Jahrhunderts her datieren. Zwar haben schon im 16. Jahrhundert der Deutsche Georg Agricola und nach ihm im 17. Jahrhundert der Däne Nicolaus Steno, in Diensten des Großherzogs von Toscana, gewissermaßen den Grundstein zum Gebäude der geologischen Wissenschaft gelegt, und dies gilt ganz besonders vom Erstgenannten, doch kann man wohl erst mit dem Auftreten des berühmten Freiberger Professors der Geologie, mit Werner, von einer eigentlichen geologischen Wissenschaft sprechen. Diesen Mann, seinen noch berühmteren Schüler Leopold von Buch, dem wohl mit Recht der Ehrentitel des größten deutschen Geologen in unserem Jahrhundert zukommt, und Alexander von Humboldt dürfen wir als die eigentlichen Begründer der geologischen Wissenschaft ansehen, und wir können mit Stolz behaupten, daß die Geologie eine deutsche Wissenschaft ist.

Seit jenen Tagen hat die Geologie einen raschen Aufschwung genommen und steht den anderen Naturwissenschaften durchaus ebenbürtig zur Seite. Sowohl Deutschland, als auch eine Reihe anderer Länder, darunter in erster Linie

Frankreich, England, Skandinavien, die Schweiz, Italien, Rußland, Oesterreich, Spanien, Portugal und Amerika haben viele bedeutende Gelehrte hervorgebracht, denen die geologische Wissenschaft eine Menge schöner und geistvoller Arbeiten in ihren verschiedenen Disziplinen verdankt. Neben den schon erwähnten großen deutschen Geologen seien nur noch die Namen zweier ausländischen Forscher genannt, deren Arbeiten epochemachend gewesen sind, nämlich der Franzose Elie de Beaumont und der Engländer Charles Lyell, der geistreiche Begründer der Theorie des Aktualismus. Von großem Einfluß auf die Entwicklung der Geologie in den letzten Jahrzehnten waren auch die Werke des berühmten Naturforschers Charles Darwin.

Erster Abschnitt.

Die allgemeinen Verhältnisse unseres Erdkörpers.

Die Gestalt unserer Erde ist die eines Sphäroids. Früher wurde dieselbe für eine Scheibe gehalten; erst nach und nach brach sich die Anschauung Bahn, daß dieselbe von sphäroidischer Gestalt sei.

Die Erde ist an ihren Polen abgeplattet, doch ist diese Abplattung nur eine verhältnismäßig geringe. Infolge der Rotation unserer Erde um eine imaginäre Achse mußte letztere nach mechanischen Gesetzen durch die sogenannte Zentrifugalkraft notwendigerweise eine solche Abplattung an den Polen erleiden und aus der anfänglichen Kugel wurde ein Rotationssphäroid. Diese gegenwärtige Gestalt der Erde ist daher ebenfalls ein Grund, ja fast ein Beweis für ihren einst durchaus flüssigen Zustand, der höchst wahrscheinlich durch sehr hohe Temperatur bedingt war.

Der Halbmesser der Erde beträgt am Aequator 6378190 Meter, an den Polen 6356455 Meter, die Abplattung ist $= \frac{1}{296}$, oder: der Aequatorialdurchmesser unserer Erde ist gleich 1719 geogr. Meilen, deren Achse gleich 1713 geogr. Meilen, die Abplattung ist an jedem der Pole also etwa 3 geogr. Meilen groß.

Das spezifische Gewicht unserer Erde liegt noch zwischen 5 und 6 (5,5—5,7). Es ist dasselbe im Verhältnis zu dem derjenigen Stoffe, welche wir an der Oberfläche der Erde kennen, ein sehr hohes, zumal die Gesteine, welche die feste Erdkruste zusammensetzen, im Mittel ein spezifisches Gewicht von 2,5 besitzen. Wir dürfen daher annehmen, daß das Erdinnere aus Substanzen von sehr großer Dichte besteht. Diesen dichtern Erdkern bezeichnet man auch mit dem Ausdruck Barysphäre im Gegensatz zur Gesteinshülle der Erde, zur sogenannten Lithosphäre, und der Lufthülle, der Atmosphäre.

Die Temperatur wächst, je mehr wir in die Tiefen der Erde eindringen. Die Temperatur der Erdoberfläche wird durch die Sonne bedingt, doch dringt die durch dieselbe erzeugte Wärme nur in geringe Tiefen der Gesteinshülle ein. Die Sonnewärme macht sich etwa bis zu einer Tiefe von 20—25 m noch geltend, auf dieser Tiefenstufe jedoch angelangt finden wir eine konstante Temperatur. Doch gilt dies nur für unsere Breiten, denn in den Tropen zeigt sich diese konstante Temperatur schon bei geringerer Tiefe, da hier die jahreszeitlichen Gegensätze bedeutend geringere sind.

Von dieser Stufe konstanter Temperatur an wächst dieselbe, je mehr wir ins Innere der Erde vordringen. Die Anzahl von Metern oder Fußen, die wir in die Tiefe gehen müssen, um eine Temperaturerhöhung von 1° C. zu erhalten, nennt man eine geothermische Tiefenstufe. Diese geothermischen Tiefenstufen bestimmt man in Bergwerken, in Bohrlöchern, in artesischen Brunnen &c., jedoch genügt das vorliegende Material noch nicht, um ein Gesetz darüber aufzustellen. Im allgemeinen kann der Satz gelten, daß die Temperatur bei einer Zunahme von etwa 30 m um 1° C. wächst. Doch giebt es hiervon mancherlei Ausnahmen, wie z. B. die Temperaturverhältnisse im Bohrloche von Neuffen beweisen. (Hier beträgt die geothermische Tiefenstufe nur 11 m.) Die Temperaturzunahme im Erdinnern wird auch von der Reichlichkeit der an der betreffenden

Observationsstelle zirkulierenden Gewässer abhängen, ferner nimmt die Temperatur in der Nähe vulkanischer Massen zu. Jedenfalls steht aber fest, daß nach dem Erdinnern hin eine Temperaturzunahme existiert, die durch eigene Erdwärme bedingt ist. Man kann diese Temperaturzunahme bis auf etwa 2002 m (Bohrloch von Paruschowitz in Schlesien, Temperatur = 69,3° C. = 34,1 geothermische Tiefenstufe) verfolgen. So tief ist man nämlich bis jetzt in die Erde eingedrungen. Nimmt man das gleiche Zunahmeverhältnis für größere Tiefen ebenfalls an, so findet man bei etwa 3000 m 100 Grade, bei etwa 30000 m (etwa vier Meilen) schon 1000 Grad und bei etwa 300000 m (42 Meilen) schon 10000 Grad, eine Tempereratur, bei welcher alle uns auf der Erdoberfläche bekannten Stoffe geschmolzen sein müssen, selbst wenn man den Druck der festen Erdrinde berücksichtigt, wodurch bekanntlich der Schmelzpunkt der Körper bedeutend erhöht wird.

Wir können aus diesem allen schließen, daß das Innere unserer Erde sich noch in feurig-flüssigem, wenn nicht gar gasförmigem Zustande befindet, was übrigens durch die vulkanischen Ausbrüche, die heißen Quellen ꝛc. noch weiter bewiesen wird. Indes läßt sich die Einwirkung des hohen Druckes auf den wirklichen Aggregatzustand nicht beurteilen, so daß man vorsichtiger von einem latent flüssigen Erdinnern sprechen sollte.

Ansichten über die Entstehung unserer Erde.

Die Kant-Laplacesche Theorie.

Kant, durch die Harmonie in der Bewegung unseres Planetensystems zuerst darauf geführt, stellte in seinem Werke „Naturgeschichte und Theorie des Himmels“, das im Jahre 1755 erschien, den Satz auf, daß der gemeinsame Ursprung aller zu unserm Sonnensystem gehöriger Planeten und Kometen von einer den ganzen Raum des Weltgebäudes erfüllenden, im Zustande höchster Er-

hitzung und in rotierender Bewegung befindlichen sphäroidischen Dunstmasse herzuleiten sei. Ganz unabhängig von Kant kam im Jahre 1795 der französische Astronom Laplace zu derselben Ansicht, und zwar auf Grund mathematischer Berechnungen (exposition du système du monde). Infolge der Wärmeausstrahlung im kalten Weltenraume zog sich diese Dunstmasse zusammen, die Rotationsgeschwindigkeit wurde dadurch vergrößert, desgleichen die Abplattung an den Polen und die Ausbauschung am Aequator, und infolgedessen lösten sich am Aequator Teile der Dunstmassen los, und zwar Teile in ringförmiger Gestalt. Infolge ihrer ungleichen Beschaffenheit zerrissen diese Ringe wiederum und ballten sich im Laufe ihrer Erkaltung zu kugelförmigen Körpern, den Planeten, zusammen. Diese Erscheinung wiederholte sich auch bei den so gebildeten planetaren Bällen wieder, dafür sprechen die Ringe beim Saturn und die Monde bei den verschiedenen Planeten. Da die äußeren Ringe sich zuerst loslösten und die inneren erst später, als der allgemeine Verdichtungsprozeß schon ein fortgeschrittener war, so müssen die letzteren Ringe demnach auch dichter sein als die ersteren, und das bestätigt sich im allgemeinen. Nimmt man nämlich die mittlere Dichtigkeit der Erde = 1 an, so ergiebt sich folgende Dichtigkeit für eine Reihe anderer Planeten:

Erde	=	1
Neptun	=	0,16
Uranus	=	0,16
Saturn	=	0,13
Jupiter	=	0,24
Mars	=	0,95
Venus	=	0,91
Merkur	=	1,22

Es muß hier allerdings in Betracht gezogen werden, daß die vier inneren Planeten infolge ihrer Kleinheit schneller erkaltet, infolgedessen auch mehr verdichtet sind als die anderen, wodurch die obigen Zahlen etwas an Beweiskraft verlieren.

Ein weiterer für die Kant-Laplacesche Hypothese sprechender Umstand ist der, daß die Dichtigkeit der Satelliten, wie dies für unsern Mond und die Monde des Jupiter nachgewiesen ist, eine geringere ist, als diejenige des letztern Planeten und der Erde.

Zweiter Abschnitt.

Gesteinslehre oder Petrographie.

Ein Gestein besteht aus Mineralaggregaten, also aus Anhäufungen von Mineralien.

Sowohl diese Mineralteilchen, als auch ihre Form und Verbindungsweise ist bei den einzelnen Gesteinen verschieden, und darin bestehen deren Unterschiede, welche die Ursachen der mannigfachen Benennungen der Gesteine geworden sind. Einzelne Gesteine bestehen nur aus krystallinischen Mineralien, die an Ort und Stelle ihre jetzige Ausbildung erhielten, andere wiederum aus mechanisch oder durch ein Zement verkitteten Teilchen, welche noch die Spuren eines Transportes an sich tragen rc., andere endlich werden nur aus lose übereinander liegenden Mineralteilen gebildet. Gewisse Gesteine bestehen allerdings nicht durchweg nur aus Mineralaggregaten, so z. B. die glasig-struierten, die zoogenen und die phytogenen Gesteine.

Einteilung der Gesteine.

Wir unterscheiden:

1. krystallinische,
2. mechanisch verbundene od. klastische, und
3. lockere

} Gesteine.

Man hat bei der Einteilung der Gesteine ferner zu berücksichtigen, ob dieselben größtenteils nur aus den Teilchen eines Minerals bestehen, so z. B. der Kalkstein, der aus Teilchen von Kalkspat gebildet wird, oder ob dieselben von einer innigen Verbindung oder einer Mengung mehrerer Mineralien zusammengesetzt werden, wie z. B. der aus Feldspat, Quarz und Glimmer bestehende Granit. Im ersteren Falle würden wir von einem einfachen krystallinischen Gestein reden, im letzteren von einem gemengten krystallinischen Gestein.

Unter der Bezeichnung minerogene Gesteine versteht man solche, welche auf rein anorganischem Wege entstanden sind, während man unter der Benennung zoogene Gesteine und phytogene Gesteine solche begreift, bei deren Bildung Tiere oder Pflanzen mitgewirkt haben. So ist z. B. die weiße Schreibkreide ein zoogenes Gestein und die Steinkohle dagegen ein phytogenes. Bei der Bildung des erstern sind unzählige kleine Tierchen (Foraminiferen) thätig gewesen, bei derjenigen des letztern Pflanzen.

Die Zusammensetzung der Gesteine.

Gesteinsbildende Mineralien.

Von den vielen Hunderten von Mineralspezies nehmen nur verhältnismäßig wenige an der Zusammensetzung der Gesteine teil.

Die wichtigsten sind etwa folgende:

Elemente: Der Kohlenstoff, als Graphit, in der Stein- und Braunkohle 2c.; der Schwefel, wenn auch nur sehr untergeordnet.

Oxyde: Das Eis, der Eisenglanz, das Titaneisenerz, der Quarz, der Tridymit, der Opal, der Magnetit, das Chromeisenerz 2c.

Karbonate: Calcit, Dolomit.

Sulfate: Gips und Anhydrit, Schwerspat.

Phosphate: Apatit.

Silikate: Andalusit, Disthen, Staurolith, Turmalin, Epidot, Vesuvian, Granat, Olivin, Leucit, Eläolith und Nephelin, Sodalith, Nosean, Hauyn, die Glimmergruppe und die Chlorit- und Talkgruppe, der Serpentin, die Augit- und die Hornblendegruppe, die Feldspate, deren Zersetzungsprodukt, das Kaolin, in untergeordneter Weise gewisse Mineralien aus der Reihe der Zeolithgruppe, von den Haloiden das Steinsalz und der Flußspat.

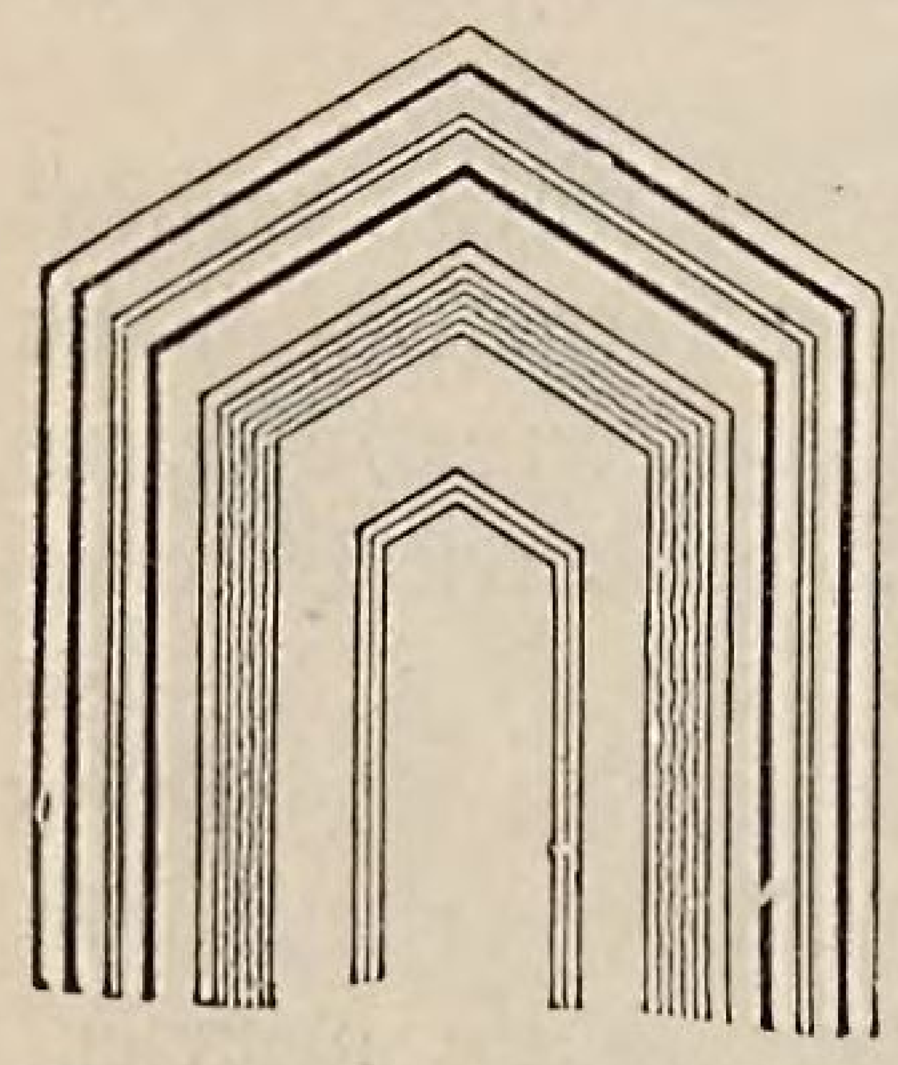


Fig. 1. Zonarer Aufbau eines Krystalls.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Mineralien zeigt oft daß dieselben sehr verschieden gebaut sind, und sie hat schon manchmal wichtige Fingerzeige für die Erklärung von der Entstehung der betreffenden Gesteine geliefert. So sind diese Mineralien, oder besser gesagt, Krystallindividuen von Mineralien zuweilen zerbrochen, angeschmolzen, oder dieselben zeigen die deutlichen Spuren eines intermittierenden Wachstums, die sog. Zonarstruktur, oder auch sie enthalten wiederum Einschlüsse anderer Mineralien und sog. Glaseinschlüsse,

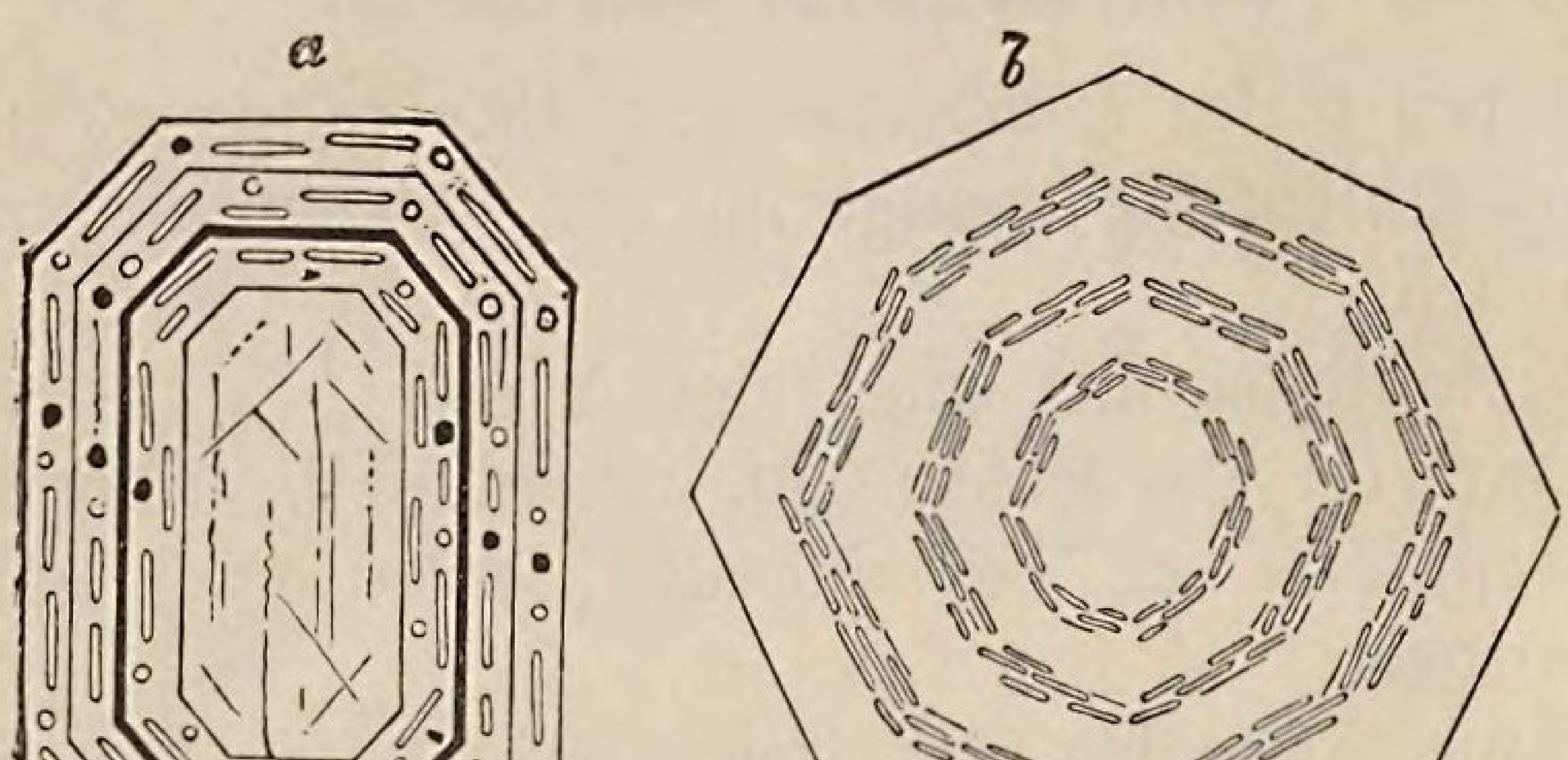


Fig. 2. Hornblendekrystall (Fig. a) und Leucitkrystall (Fig. b) mit Einschlüssen.

amorphe Glaspartikelchen, welche nur im glutflüssigen Zustande des Gesteins entstehen konnten, demnach für die

Erklärung der Entstehung derjenigen Gesteine, in welchen man solche Erscheinungen nachgewiesen hat, von größter Wichtigkeit sind. Oder es finden sich auch Flüssigkeitseinschlüsse in den Krystallindividuen, die für das Verständnis der Gesteinsgenesis nicht minder von Wert sind als die ersteren. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß die betreffenden Flüssigkeitseinschlüsse u. a. aus Lösungen von Kochsalz und aus flüssiger Kohlensäure bestehen. Auch Gasporen sind nachgewiesen, ebenso eigentümliche Gebilde, die man gewissermaßen als das Embryonalstadium verschiedener Mineralien ansehen kann, und welche man Mikrolithen, Krystalliten ꝛc. genannt hat (Fig. 1, 2, 3, 4 und 5).

Wesentliche und unwesentliche Gemengteile.

Wesentliche Gemengteile nennt man diejenigen, ohne welche die Gesteine eine in der Hauptsache durchaus andere

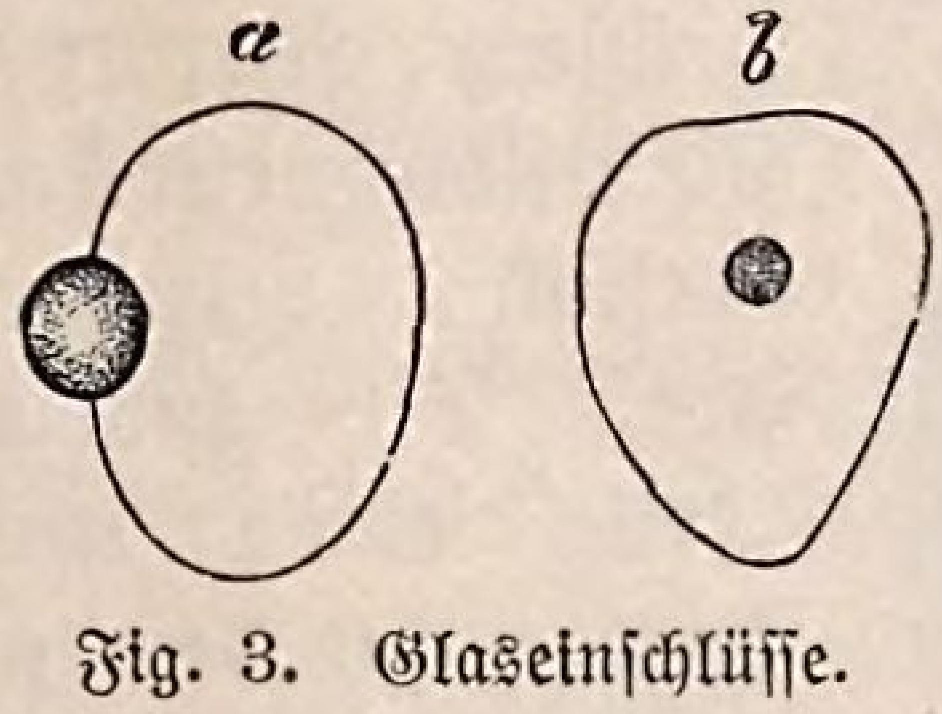


Fig. 3. Glaseinschlüsse.



Fig. 4. Flüssigkeitseinschlüsse.

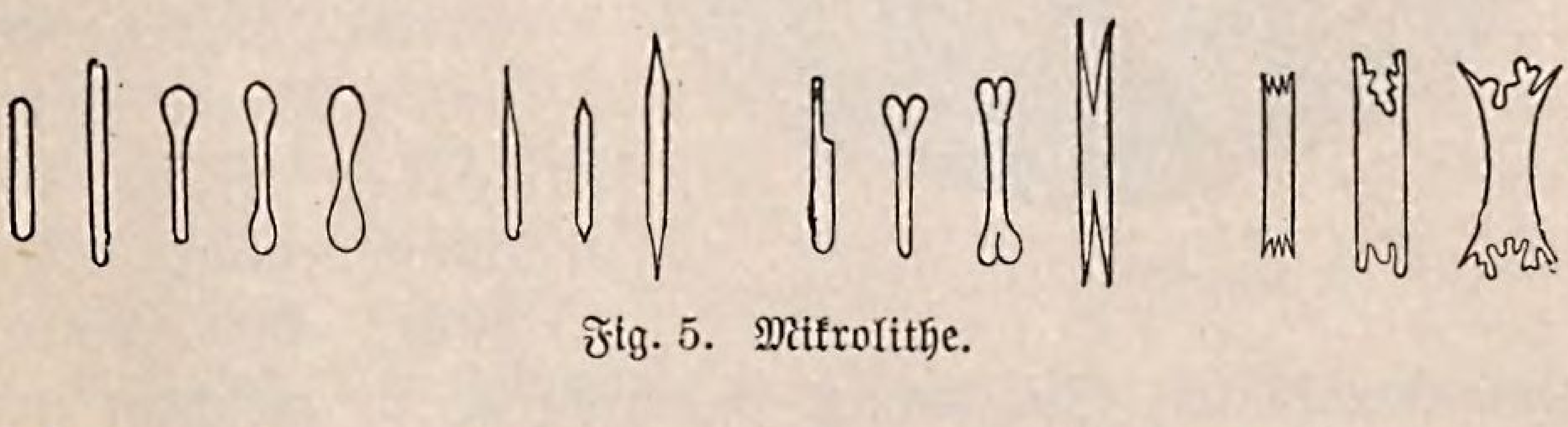


Fig. 5. Mikrolithe.

Zusammensetzung haben würden. So ist z. B. der Quarz ein wesentlicher Gemengteil des Granites, denn ohne Quarz

wäre das betreffende Gestein eben kein Granit. Unter unwesentlichen oder accessorischen Gemengteilen würden wir dagegen diejenigen verstehen, welche nur vereinzelt hie und da in den Gesteinen auftreten, ohne deren Totalcharakter im geringsten zu ändern. Dieselben treten teils als vereinzelte Krystalle oder Krystallaggregate, teils aber auch nur als die ganze Masse durchdringende und oft zugleich färbende Bestandteile auf.

So finden sich im Granit zuweilen kleine Krystalle von Granat, von Turmalin, von Kupferkies, Eisenkies rc., im Syenit solche von Zirkon, im Basalt solche von Glimmer und Hornblende rc. Treten derartige accessorische Gemengteile in größeren Massen zusammen auf, so spricht man von accessorischen Bestandmassen. Je nach ihrer Entstehung redet man dann von Konkretionen und von Sekretionen.

Konkretionen sind solche accessorische Bestandmassen, die von innen nach außen gewachsen sind. Die Mineralsubstanz hat sich um einen Punkt herumgelagert, dessen größere Attraktion die Bildung der Konkretion veranlaßt hat. Die äußeren Teile einer Konkretion sind demnach die zuletzt gebildeten. Solche Konkretionen sind z. B. die Septarien (Fig. 6), linsenförmige Gebilde, von einem oftmals radialen Spaltennetz durchzogen, in welchem sich Braunspat, Eisenspat und noch andere Mineralien abgesetzt haben, die Imatrasteine, die Lößkindchen rc.

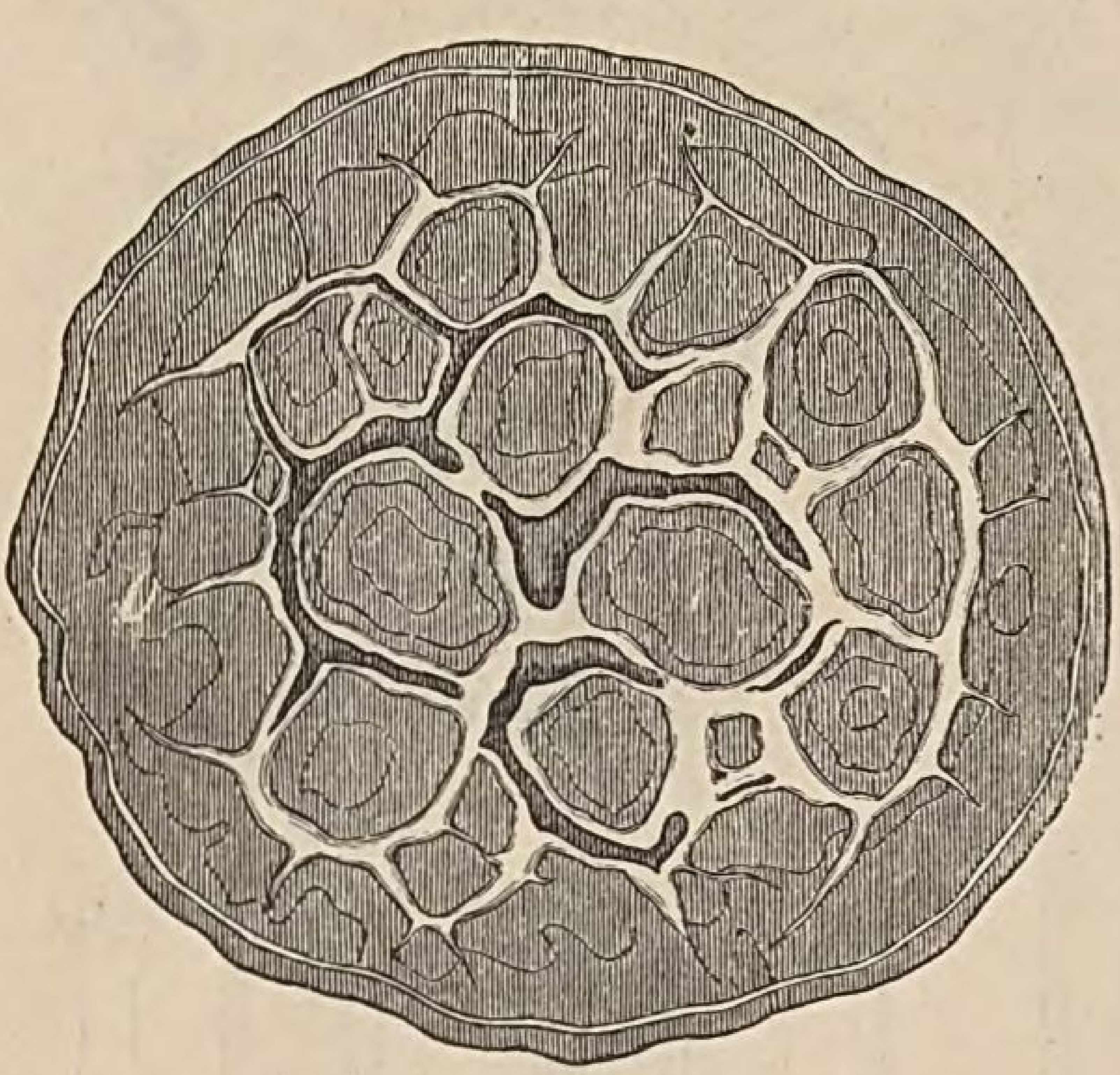


Fig. 6. Querschnitt einer Septarie.

Sekretionen setzen stets das Vorhandensein von Hohlräumen in den Gesteinen, in welchen sie auftreten, voraus. Durch Infiltration von Mineralsolutionen in dieselben werden sie nach und nach von den Wänden her ausgefüllt, und zwar so, daß häufig verschiedene Mineralarten schichtenweise übereinander liegen. Die innerste Schicht ist dann selbstverständlich die jüngste. Solche Sekretionen sind entweder nur teilweise, oder auch ganz mit Mineralsubstanz angefüllt. Diese Sekretionen sind weiter noch von sehr

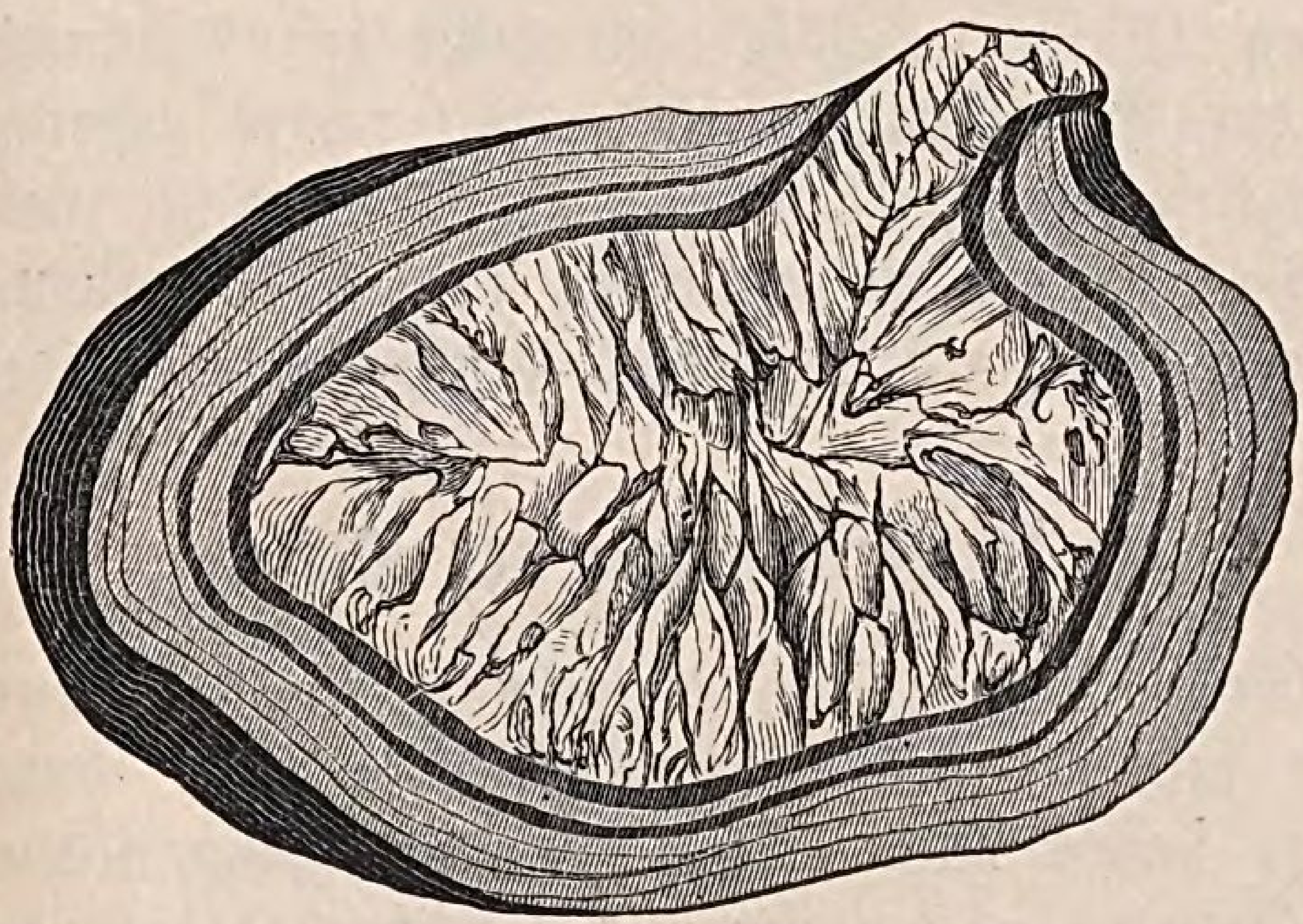


Fig. 7. Querschnitt einer Sekretion (Achatmandel).

verschiedener Gestaltung und werden je nach derselben verschieden benannt. Hierher gehören z. B. die Achatmandeln (Fig. 7).

Fremde Einschlüsse in Gesteinen sind keineswegs Seltenheiten. So findet man in gewissen Eruptivgesteinen ältern und jüngern Alters Gesteinsstücke, die in der Tiefe anstehen; so hat der Basalt an manchen Stellen seines Auftretens Stücke von Gneis, Glimmerschiefer oder sonstigen Gesteinen mit aus der Tiefe gebracht, wie z. B. in der Schwäbischen Alb, während in der Nähe seines Vorkommens derartige Gesteine auf der Erdoberfläche durchaus unbekannt sind.

Zu diesen fremden Einschlüssen gehören auch die sogen. Versteinerungen, Fossilien oder Petrefakten, denen in diesem Buche ein eigener Abschnitt gewidmet ist.

Die Anzahl der ein Gestein zusammensetzenden wesentlichen Gemengteile ist verhältnismäßig nur eine geringe. So besteht z. B., wie schon gesagt, der Granit aus Feldspat, Quarz und Glimmer, der Diabas aus Feldspat und Augit und der eigentliche Basalt aus Feldspat, Augit und Olivin.

Die Zahl der die feste Erdkruste zusammensetzenden Gesteine läßt sich nicht fest bestimmen; die meisten der Gesteinsarten sind nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, sondern bilden vielmehr Uebergänge ineinander, so daß man außer den normalen typischen Gesteinen auch noch eine große Zahl Uebergangsstufen unterscheiden kann.

Die Unterscheidung der Gesteine.

Die Gesteine unterscheidet man voneinander durch ihre ungleiche mineralische Zusammensetzung und durch ihre Struktur, sowie nach ihrem relativen geologischen Alter. Um die Gesteine nach ihrer mineralischen Zusammensetzung zu unterscheiden, bedient man sich heutzutage unter anderem der mikroskopischen und der chemischen Analyse.

Die mikroskopische Analyse besteht darin, daß man Splitter des betreffenden zu untersuchenden Gesteins dünn bis zur Durchsichtigkeit schleift — mit Hilfe von Eisenplatten, auf welchen mit Schmirgel geschliffen wird — und diese sogenannten Dünnschliffe auf einem Objektträger in Kanadabalsam einlegt und mit einem Deckgläschen zudeckt, um dieselben nachher unter einem mit Polarisationsapparat versehenen, eigens zu diesem Zwecke konstruierten Mikroskope zu betrachten. Auf dem verschiedenen Verhalten der einzelnen Mineralien gegenüber dem polarisierten — d. h. auf eine einzige Schwingungsebene reduzierten — Lichte, je nach den verschiedenen Krystallsystemen, denen dieselben angehören,

basiert hauptsächlich die mikroskopische Analyse. Die chemische Analyse braucht wohl des näheren nicht genauer erläutert zu werden. Beide Untersuchungsmethoden ergänzen sich notwendigerweise.

Die Struktur der Gesteine.

Unter der Struktur der Gesteine versteht man hauptsächlich die Größe, die Form, die Verteilungs- und Verbindungsweise der einzelnen individuellen Mineralteilchen, aus welchen die gemengten und die einfachen Gesteine bestehen. Die mineralischen und die Strukturunterschiede stimmen meist nicht miteinander überein, vielmehr zeigen dieselben Mineralgemenge oftmals ganz ungleiche Struktur, und oftmals wiederholen sich ganz gleiche Strukturen bei sehr ungleichen Gesteinen.

Die wichtigsten Strukturformen der Gesteine.

a. Die körnige Struktur.

Wenn die einzelnen Gemengteile eines Gesteins ungefähr von gleicher Größe sind und nach allen Richtungen hin gleiche Ausdehnung besitzen, spricht man von einer körnigen Struktur des betreffenden Gesteines. Man unterscheidet hier wieder

a) grobkörnige Struktur,

b) mittelkörnige Struktur, und

c) feinkörnige Struktur.

a) Die grobkörnige Struktur. Diese Bezeichnung wird ganz speziell für Gesteine angewandt, deren einzelne Gemengteile größer als ein gewöhnliches Erbsenkorn sind.

b) Die Bezeichnung mittelkörnige Struktur wendet man für Gesteine an, deren Gemengteile kleiner sind als ein Erbsenkorn, und Gesteine mit noch kleineren Gemengteilen würde man

c) Gesteine mit feinkörniger Struktur nennen.

b. Die dichte Struktur.

Gesteine, deren einzelne Gemengteile weder mit bloßem Auge, noch mit der Lupe zu erkennen sind, nennt man Gesteine mit dichter Struktur. Dieselbe löst sich oft bei der Betrachtung eines solchen Gesteinssplitters unter dem Mikroskop in ein feinkrystallines Aggregat auf, oftmals aber auch nur in ein Aggregat von Körnern und Schuppen nicht mehr erkennbarer Mineralien. Im ersteren Falle würde man von einer kryptokrystallinen, im zweiten Falle von einer mikrofelsitischen Struktur reden. Ist schließlich selbst bei Anwendung von sehr starken Vergrößerungen keine Spur von Struktur mehr im Gestein zu erkennen, verhält sich die Masse durchaus amorph, so spricht man von einer Glasbasis oder porodin-amorphen Basis.

c. Die schiefrige Struktur.

Diese besteht darin, daß die betreffenden Gesteine nach einer Flächenrichtung leichter spalten als nach jeder andern, so daß sie sich infolgedessen in dünne Platten trennen lassen, wie z. B. die Dachschiefer, welche Erscheinung durch den Umstand bewirkt wird, daß gewisse, an der Zusammensetzung des Gesteins teilnehmende blättrige Mineralien, wie z. B. der Glimmer im Glimmerschiefer, eine parallele Lage haben.

Man spricht von krummschiefriger, geradeschiefriger, dick- dünnschiefriger Struktur ꝛc., Ausdrücke, die sich wohl von selbst erklären. Die flaserige Struktur ist eine Modifikation der schiefrigen Struktur, insofern als in gewissen Gesteinen Partien von meist körniger Struktur, Linsen, durch dünnere oder dickere schiefrig struierte Gesteinslagen voneinander getrennt werden. Der Linearparallelismus der Gesteine ist eine mit der schiefrigen Struktur sehr nahe verwandte Erscheinung und besteht darin, daß einzelne Gesteinsgemengteile, zuweilen auch Krystalle oder Blasenräume nach einer Richtung besonders ausgedehnt oder parallel geordnet

sind, oder auch darin, daß zarte Falten schiefriger Gesteine alle untereinander parallel verlaufen. Transversale oder falsche Schieferung findet statt, wenn die schiefrige Struktur und die damit verbundene Spaltbarkeit des Gesteins der Schichtung desselben nicht parallel läuft, sondern solche in einem größeren oder kleineren Winkel durchschneidet. Sie findet sich sehr oft bei Gesteinen der archäischen und paläozoischen Formationen.

d. Die schuppige Struktur

besteht darin, daß das betreffende Gestein aus blättrigen oder schuppigen Mineralteilchen (Glimmer, Chlorit) zusammengesetzt ist, die entweder wirr durcheinander liegen oder nach einer Richtung hin angeordnet sind (schuppig-schiefrige Struktur).

e. Die faserige Struktur

verhält sich analog der schuppigen, insofern als die Gemengteile bei einem faserig struierten Gesteine faserig sind. Auch hier liegen dieselben entweder wirr durcheinander oder in einer Richtung (faserig-schiefrige Struktur).

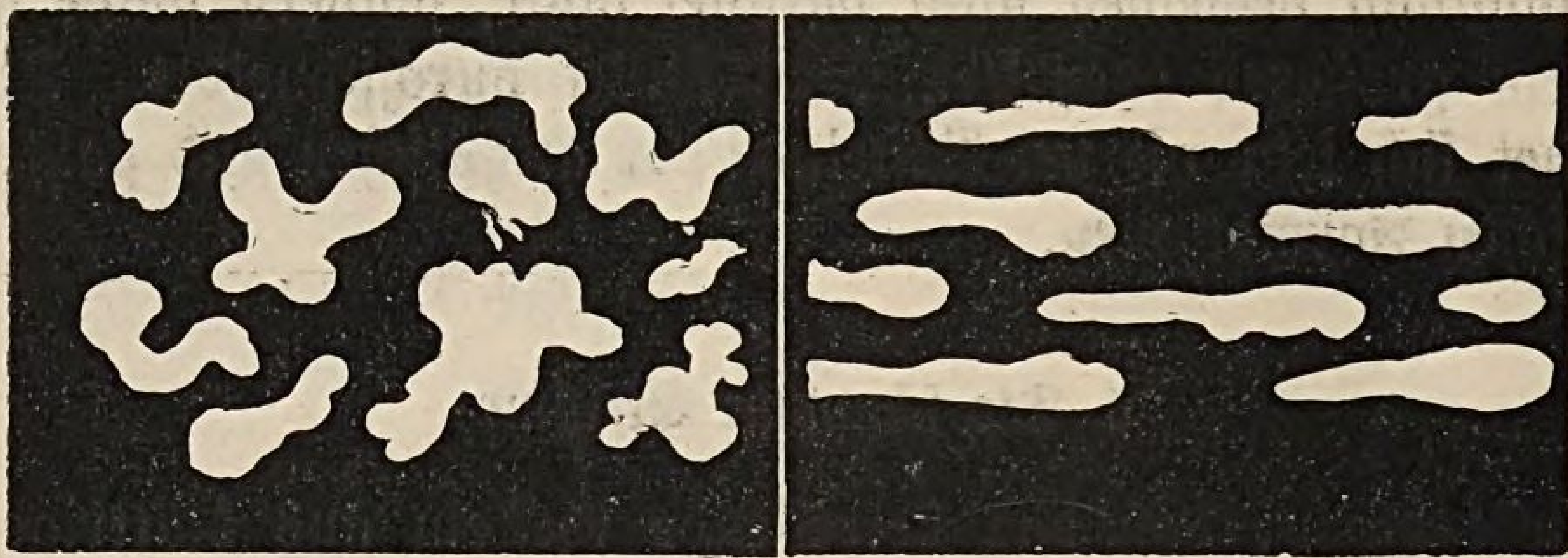
f. Die porphyrische Struktur.

Dieselbe besteht darin, daß in einem Gestein mit dichter Grundmasse einzelne Mineralien oder Krystalle oder auch krystallinische Teile besonders deutlich hervortreten. Wenn dieselbe Erscheinung bei Gesteinen mit körniger Struktur stattfindet, so spricht man von porphyrartiger Struktur, so z. B. von porphyrartigen Graniten.

g. Die blasige Struktur.

Gesteine, welche gerundete Hohlräume vom Charakter der Blasenräume enthalten, sind blasig struiert.

Diese Blasenräume sind dadurch entstanden, daß im noch weichen Zustande des Gesteins sich Gase entwickelten und die Entstehung der betreffenden Räume bedingten (s. Fig. 8).



Unregelmäßige Blasenräume. Fig. 8. Langgestreckte Blasenräume.

Wenn diese Blasenräume mannigfach gewunden sind, spricht man auch von schlackiger Struktur.

h. Die Mandelsteinstruktur.

Mandelsteinartig struiert sind die Gesteine dann, wenn die darin enthaltenen Blasenräume durch neuere Mineralbildungen ausgefüllt sind, wodurch dann die ganze Masse zuweilen das Ansehen von einem Backwerke mit eingeschlossenen Mandeln erhält. Mandelsteinartige Gesteine sind stets aus blasigen entstanden. Jedes mandelsteinartige Gestein wird Mandelstein genannt, da aber die Grundmasse der Mandelsteine sehr verschieden ist, so hat man womöglich immer eine nähere Bezeichnung derselben hinzuzufügen. Man spricht z. B. von Basaltmandelsteinen oder basaltischen Mandelsteinen, Melaphyrmandelsteinen 2c.

i. Die poröse oder zellige Struktur

unterscheidet sich nur dadurch von der blasigen Struktur, daß die Hohlräume andern Ursprunges sind, namentlich entstanden durch Auswitterung.

j. Die oolithische oder Rogensteinstruktur (s. Fig. 9).

Die oolithisch struierten Gesteine bestehen aus einer Reihe von Konkretionen, Kugeln, aus konzentrischen Schalen oder aus radialen Strahlen zusammengesetzt, welche durch

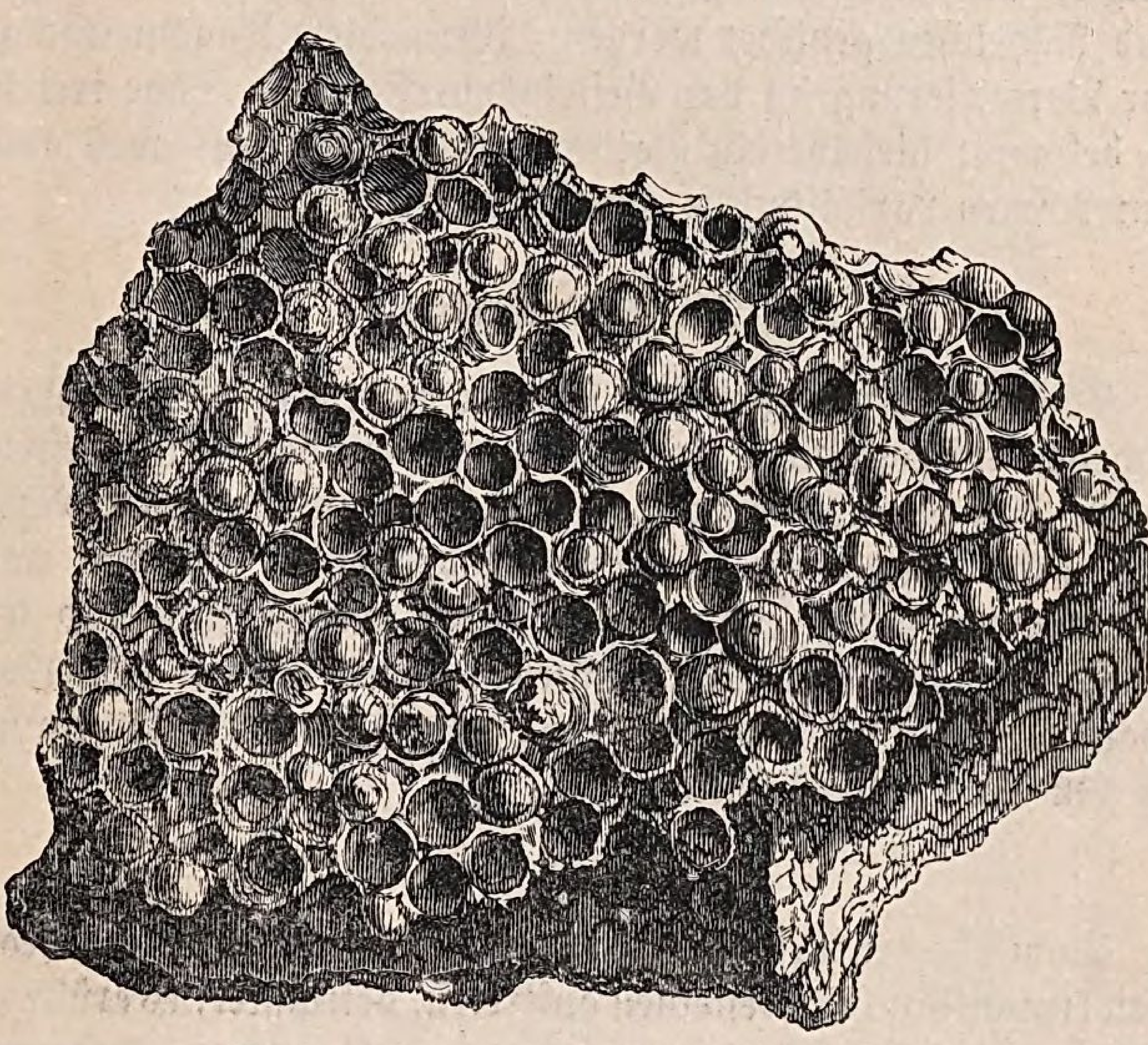


Fig. 9. Erbsenstein (Rogenstein) aus Karlsbad.

ein oftmals kaum merkliches Bindemittel miteinander verbunden sind. Ihre Entstehungsweise ist eine sehr verschiedene und oftmals noch unbekannte.

k. Die sphärolithische Struktur

ist eine mit der oolithischen nahe verwandte. Sie ist die Folge eines Erstarrungsprozesses und besteht darin, daß gleichartige (sphärolithische Struktur) oder ungleichartige (pseudosphärolithische Struktur) nadelförmige Mineralien sich um einen Kern radial anordnen. Die dadurch entstehenden

Kugeln zeigen sehr häufig eine scharfe Grenze gegen die übrige Gesteinsmasse.

Eine Modifikation der sphärolithischen Struktur ist die variolithische Struktur, bei welcher die genannten Kugeln aus unregelmäßig durcheinanderliegenden Körnchen und Nädelchen gebildet werden. Wenn diese Kugeln infolge der Verwitterung an der Gesteinsoberfläche zu Tage treten, so bekommt dieselbe ein blatternartiges Aussehen, was auch den Namen variolithische Struktur erklärt.

l. Die Fluidalstruktur.

Diese Strukturform, die seltener makroskopisch, häufiger dagegen mikroskopisch wahrgenommen werden kann, besteht darin, daß die meist mikroskopischen Krystalle und Mikrolithe mit ihrer Längsachse parallel angeordnet in Strömen und Schwärmen durch das ganze Gestein verteilt sind und die größeren Ausscheidungen umfließen, oder sich an denselben spalten, als ob sich diese größeren Individuen ihrer Bewegung in den Weg gestellt hätten.

Damit hätten wir die wichtigsten Strukturformen, welchean den krystallinischen Gesteinen auftreten, betrachtet; es erübrigt uns noch einige wenige nur bei den klastischen Gesteinen vorkommende Strukturen zu erwähnen. Vorher sei aber noch darauf aufmerksam gemacht, daß alle diese aufgeführten Strukturarten nicht nur vereinzelt, sondern zuweilen mehrere vereint an einem Gesteine vorkommen; so kann z. B. ein porphyrartiges Gestein zuweilen schieferig sein &c.

m. Die psephitische Struktur.

Bei der psephitischen Struktur, welche wie die folgenden nur bei klastischen und nur mechanisch verbundenen, d. h. aus Bruchstücken von Mineralien und anderen Gesteinen bestehenden Gesteinen sich findet, unterscheidet man, je nach

der Art und Weise der Ausbildung dieser Gesteinsbruchstücke, folgende zwei Modifikationen:

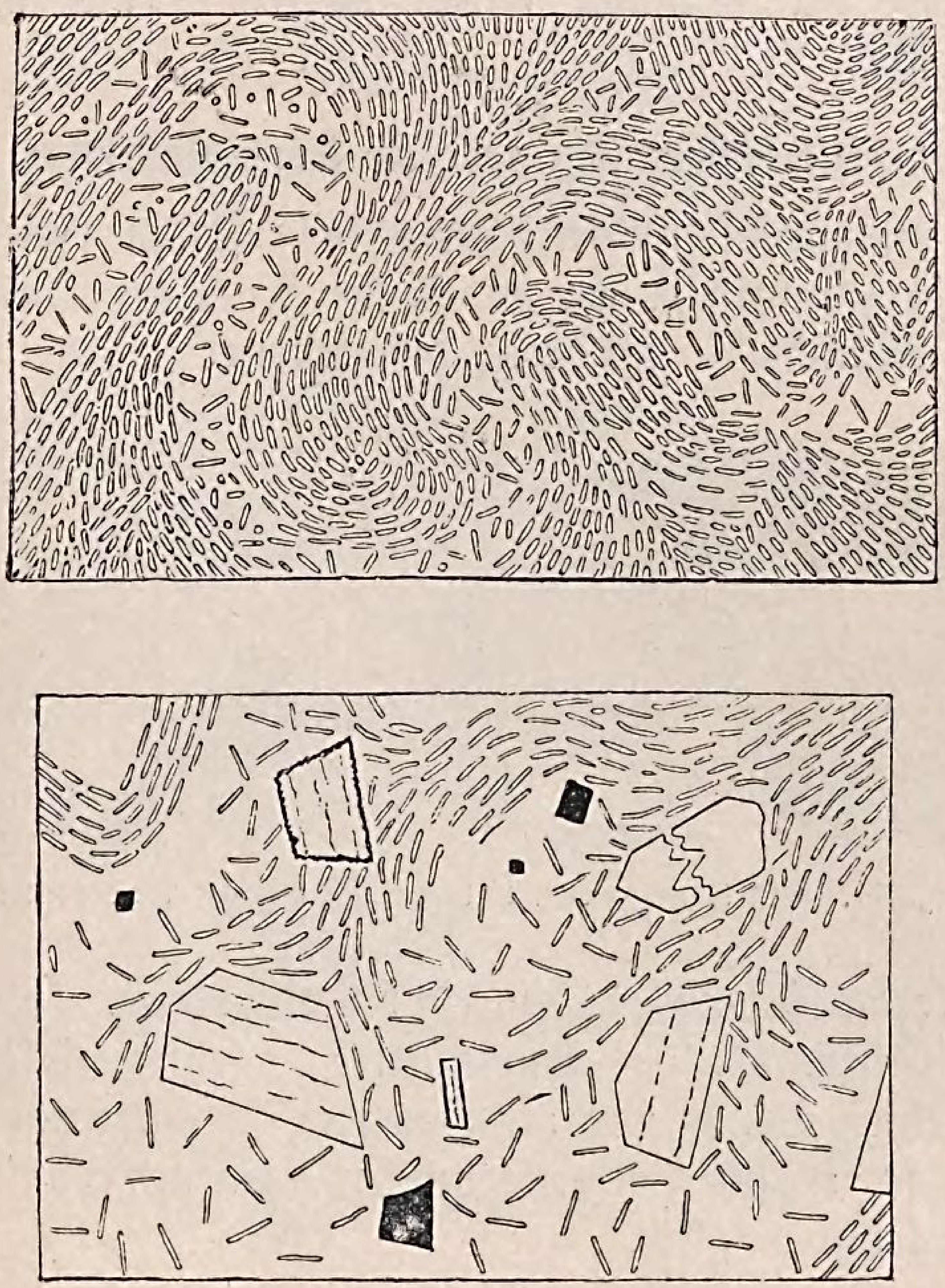


Fig. 10. Gesteinsdünnschliffe, die Fluidalstruktur zeigend.

1. Die konglomeratartige Struktur (s. Fig. 11), bei der die verbundenen Teile aus größeren abgerundeten Geschieben und Rollstücken bestehen, und

2. die breccienartige Struktur (s. Fig. 12), bei welcher die verbundenen Teile aus eckigen Bruchstücken von Gesteinen oder Mineralien bestehen, welche, wie dies bei den die vorgenannte Struktur zeigenden Gesteinen der Fall ist, durch irgend eine Bindemittel mechanisch miteinander

verkittet sind. Zu erwähnen ist der Umstand, daß gewisse in den Konglomeraten vorhandene Gerölle oftmals Erscheinungen aufweisen, die darauf schließen lassen, daß dieselben während oder nach der Bildung einem starken Drucke ausgesetzt worden sind.

n. Die psammitische oder die Sandsteinstruktur.

Die zusammensetzenden Bestandteile sinken von Erbsengröße bis zur Grenze der mit freiem Auge wahrnehmbaren herab. Manchmal gehören die Körner einem einzigen

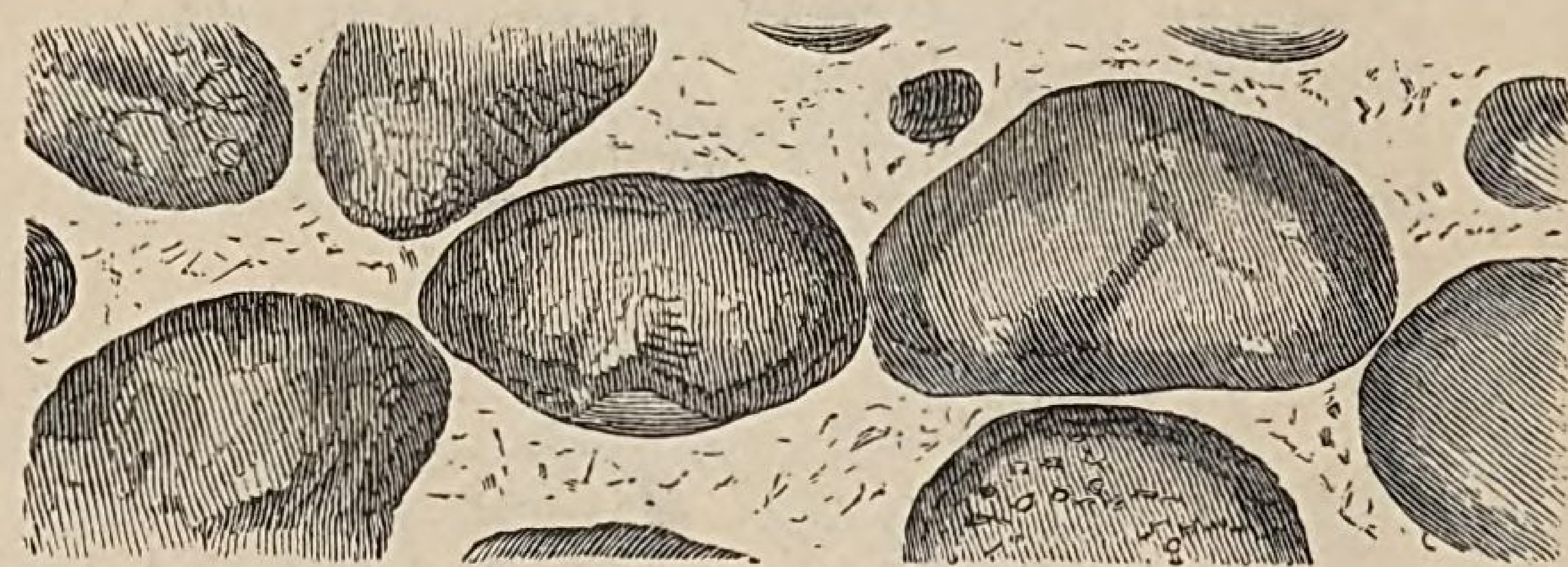


Fig. 11. Ein Konglomerat mit ziemlich dichtem Bindemittel.

Minerale an (Quarz), häufig aber verschiedenen Mineralien und Gesteinen. Da das Bindemittel oft sehr zurücktritt und die einzelnen Bruchstücke oft eine sehr scharfkantige Gestalt besitzen, so ist eine Verwechselung mit einem krystallinischen Gesteine leicht möglich.

o. Die pelitische Struktur.

Pelitisch struiert sind alle diejenigen Gesteine, die aus staub- und schlammähnlichen Teilchen älterer Gesteine zusammengesetzt sind. Die hierher gehörigen Gesteine sind meist noch schiefrig struiert (Thonschiefer, Schieferthone).

Dialytische und limmatische Gesteine nennt man die Zersetzungsprodukte anderer krystallinischer oder klastischer Gesteine, so die Thone, Kaoline rc.

Schutt, Gerölle, Geschiebe, Gruße, Sande. Unter diesen Bezeichnungen versteht man nicht durch ein

Zement verbundene Bruchstücke älterer Gesteine. Dahin gehören auch die losen Auswurfsprodukte der Vulkane, Aschen und Lapilli.

1. Einfache Gesteine.

Eisgesteine. Dieselben nehmen als Schneeeis und als Wassereis am Aufbau der festen Erdrinde teil.

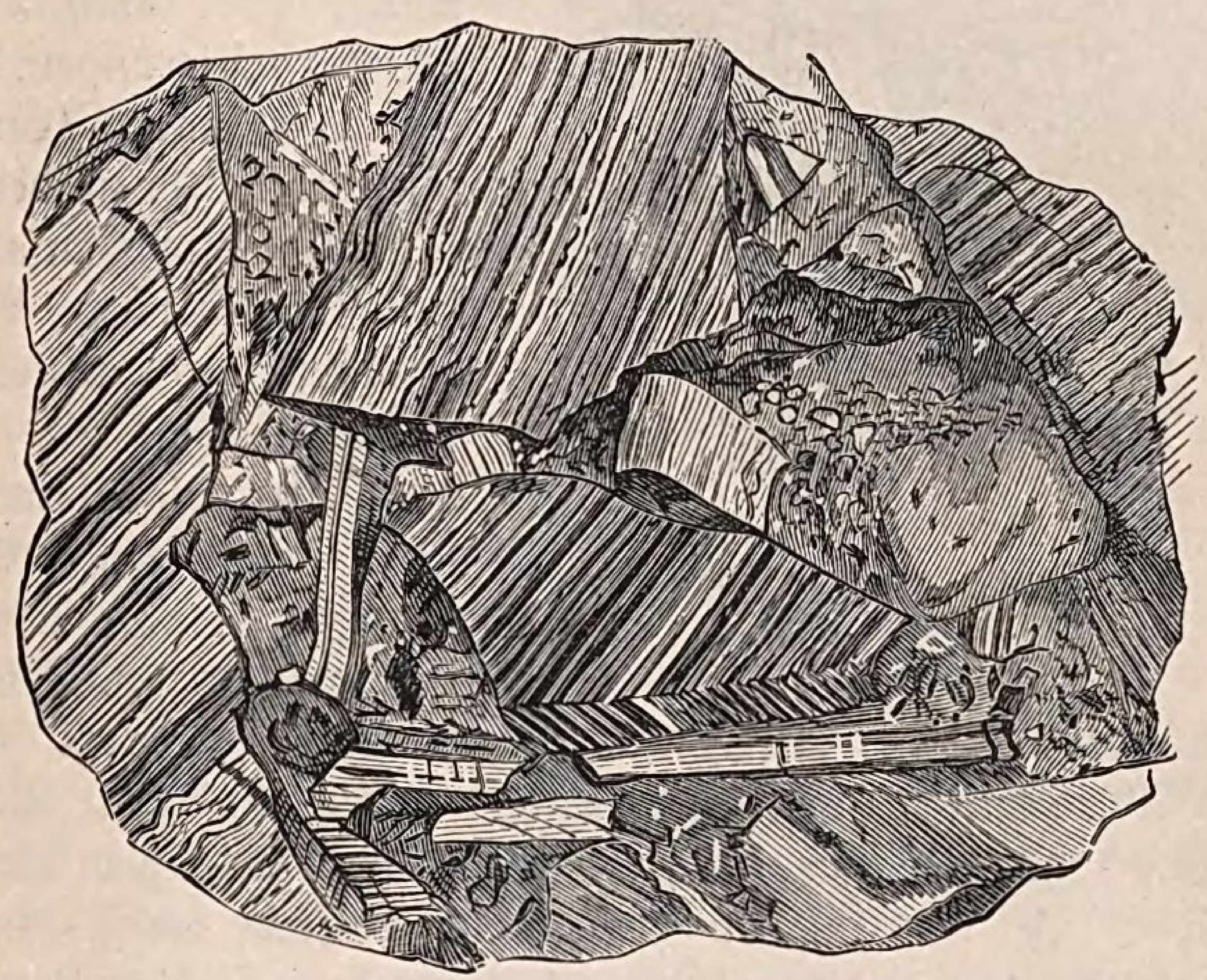


Fig. 12. Eine Breccie, gebildet durch Stücke von Bandachat; diese Breccienart pflegt man Trümmerachat zu nennen.

Haloidgesteine. Das Steinsalz (Chlornatrium) in Verbindung anderer, verwandter Mineralien, als Chlormagnesium, Chlorkalium und Chlorcalcium, spielt eine beträchtliche geologische Rolle. Das Steinsalz findet sich in den meisten Sedimentärformationen unserer Erde und bildet sich noch heute.

Gips und Anhydrit begleiten fast immer das Steinsalz und sind nicht weniger häufig auf der Erde verbreitet

als das letztere. Auch diese Gesteine kommen in fast allen Sendimentärformationen vor.

Kalkstein. Man unterscheidet die Kalksteine entweder nach deren geologischem Alter (Kohlenkalk, Jurakalk), oder nach der Lokalität, an welcher sie typisch vorkommen (Hallstädter Kalk, Solnhofener Kalk), oder auch nach den Versteinerungen, die dieselben führen (Gryphitenkalk, Krinoideenkalk, Brachiopodenkalk). Die wesentlichen Bestandteile des Kalksteins sind krystalline Individuen von kohlensaurem Kalk, denen mehr oder weniger Quarz, Thon, Eisenmineralien, Bitumen oder sonstige organische Substanzen beigemengt sind und Abweichungen in Konsistenz und Farbe bedingen. Man spricht daher von mergeligem, bituminösem, kieseligem Kalkstein 2c. Ist der Kalkstein rein, so ist derselbe weiß, durch Beimengungen anderer Mineralien wird er grau, braun, gelb und schwarz 2c. gefärbt.

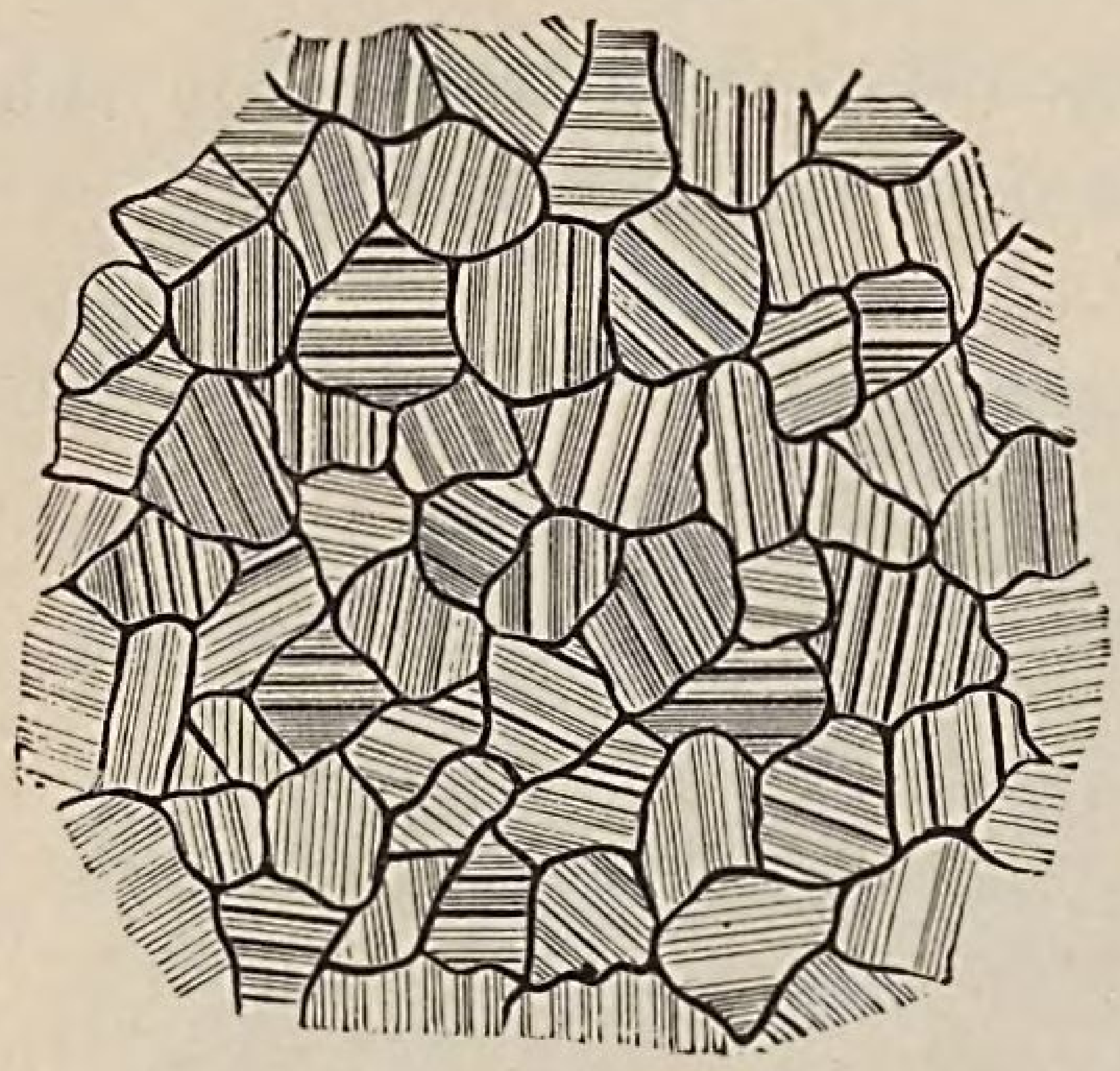


Fig. 13. Dünnschliff von Marmor in mehrfacher Vergrößerung, um die Zwillingslamellen von Calcit zu zeigen.

Eine wichtige Varietät des Kalksteines bildet der sogenannte körnige Kalk oder Marmor, der meist ganz rein und nur durch sehr wenige Beimengungen verunreinigt ist, so daß derselbe in schöner reiner weißer Farbe erscheint. Unter dem Mikroskop zeigt er einen höchst charakteristischen Aufbau aus Zwillingslamellen von Calcit (s. Fig. 13).

Auch die oolithische Struktur weist der Kalkstein manchmal auf. Man spricht ferner von dichtem Kalkstein, von erdigem Kalkstein 2c.

Dolomit ist eine isomorphe Mischung von kohlensaurem Kalke und kohlensaurer Magnesia, wobei die erstgenannte Substanz im Uebergewichte ist (54 zu 46). Die Struktur des Dolomits ist deutlich krystallin.

Mergel. Unter Mergel versteht man ein Gemenge von Kalkstein, Dolomit und Thon in sehr wechselndem Verhältnisse. Accessorisch treten darin noch andere Mineralien auf, so daß man auch Gipsmergel, Sandmergel &c. neben Dolomitmergel, Kalkmergel, Thonmergel unterscheidet. Struktur teils dicht, teils schiefrig (Mergelschiefer). Zu den Mergeln stellt man auch den Kupferschiefer, ein mit fein verteilten Kupfererzen (Kupferkies und Buntkupfererz) imprägnierter Mergelschiefer. Auch der Guano gehört hierher, und die analoge ältere Bildung, der Phosphorit, ein Gestein organischen Ursprungs, sehr phosphorhaltig.

Quarzit, ein aus körniger oder auch dichter Quarzmasse bestehendes Gestein, das sich meist mit älteren krystallinischen Schiefergesteinen zusammen findet. Itakolumit (Gelenksandstein), ist ein Quarzitschiefer, dessen einzelne Quarzteilchen gelenkartig ineinander verhakt sind, so daß das Gestein dadurch einen gewissen Grad von Biegsamkeit erhält. Der Itakolumit ist besonders in Brasilien verbreitet (Erstreckung über 17 Breitegrade), führt bisweilen Gold und ist das Muttergestein der brasilianischen Diamanten.

Kieselschiefer oder Lydit, ein durch kohlige Beimengungen dunkel gefärbtes schiefriges Quarzgestein, oft von weißen Quarzadern durchzogen.

Hornstein und Feuerstein, dichte Quarzvarietäten, die oft Knollen oder Schichten im Kalkstein, besonders in der weißen Kreide bilden. Hierher gehören auch der Kieselsinter und der Kieseltuff, aus Kieselerde bestehende Quellablagerungen, welche sich an vielen heißen Quellen finden, so z. B. an den Geisern Islands.

Die Kieselgur, der Polierschiefer und Trippel sind wenig feste, aus den kieseligen Panzern von Diatomeen bestehende Gesteine. Als hierher gehörige Gesteine können

füglich noch angesehen werden: der Opal und der Menilith, amorphe Quarzvarietäten, und der Achat, eine Verbindung von Karneol und Chalcedon und anderen Varietäten von Kieselsäure; sie nehmen jedoch nur in sehr untergeordneter Weise am Aufbau der festen Erdrinde teil.

Serpentin. Ein dunkelfarbiges, wesentlich aus dem Minerale Serpentin bestehendes Gestein, von dunkler Farbe, sehr talkerdehaltig und darum fettig anzufühlen, und schneidbar. Ist meist ein Umwandlungsprodukt aus anderen Gesteinen.

Spateisenstein, Siderit, bildet selbständige Lager, Stöcke oder Gänge, z. B. im älteren Gebirge der Ostalpen. Eine Varietät hiervon ist der Sphärosiderit oder Thoneisenstein, dichter, mit Thon gemengter Spateisenstein, hie und da auch durch Kohle schwarz gefärbt, Kohleneisenstein (black band). Oftmals Begleiter der Steinkohlenformation.

Roteisenstein. Eisenoxyd als Gestein, Lager, Stöcke und Gänge, besonders zwischen älteren Gesteinen, bildend.

Brauneisenstein. Eisenoxydhydrat, Lager, Stöcke oder Gänge in vielen Formationen bildend.

Magneteisenstein. Eisenoxydoxydul als Gestein, accessorisch noch einige andere Mineralien enthaltend, bildet Lager, Stöcke und Gänge, besonders zwischen krystallinischen Schiefern.

Sodann wären hier noch zu nennen: der Chromeisenstein, der Raseneisenstein, der Schwarzeisenstein, das Bohnerz ꝛc. Dieselben nehmen nur sehr geringen Anteil an der Zusammensetzung der festen Erdrinde und es muß bezüglich der näheren Definition derselben auf ein Lehrbuch der Mineralogie verwiesen werden.

Kohlengesteine. Graphit, bisweilen Lager zwischen krystallinischen Schiefern bildend; auch selbständig auftretend als Graphitschiefer. Anthracit, bitumenfreie Steinkohle, auch Glanzkohle genannt. Verbrennt ohne Rauch und ohne Geruch. Schwarzkohle oder Steinkohle, nur

wenig Bitumen enthaltend. Braunkohle, bitumenreiche Kohle von braunem Pulver. Dahin gehört der Lignit, die Blätterkohle, die Papierkohle, die Moorkohle, der Torf, ein filziges, erdiges oder dichtes Aggregat halb zersetzter Pflanzenteile.

Asphalt oder Erdpech, reines Bitumen. Erdöl, Petroleum, Naphtha finden sich zuweilen flüssig zwischen Gesteinen oder durchdringen dieselben als bituminöse Substanzen.

2. Gemengte krystallinische Gesteine.

a. Nichtschiefrige, massige Gesteine.

Bei der Aufzählung der gemengten krystallinischen Gesteine nichtschiefriger Struktur unterscheiden wir acht Hauptgruppen von massigen Gesteinen, nach ihrer mineralischen Zusammensetzung. Diese sind:

1. Die quarzhaltigen Orthoklasgesteine, die Familie des Granits.
2. Die quarzfreien Orthoklasgesteine, die Familie des Syenits.
3. Die quarzfreien Orthoklas-Nephelin- oder Orthoklas-Leucitgesteine, die Familie des Eläolithsyenits.
4. Die Plagioklasgesteine mit Hornblende oder Biotit, die Familie des Diorits.
5. Die Plagioklasgesteine, die Diallag oder Hypersthen führen, die Familie des Gabbros.
6. Die Plagioklas-Augitgesteine, die Familie des Diabases und des Melaphyrs.
7. Die Familie des Basalts.
8. Die Familie der Olivingesteine.

1. Die quarzhaltigen Orthoklasgesteine, die Familie des Granits.

Granit. Krystallinisch-körniges Gemenge von Orthoklas (Mikroklin), Oligoklas, Glimmer und Quarz. Wenn nur

Muskovitglimmer vorhanden ist, so spricht man von einem Muskovitgranit, Granit, in dem sich nur Biotit findet, nennt man Granitit oder Biotitgranit; sind beide Glimmer im Gestein vorhanden, so heißt dasselbe Granit. Protogingranit (Alpengranit) wird ein granitartiges Gestein genannt, bei dem der Glimmer zum Teil durch Chlorit und Talk ersetzt ist. Schriftgranit nennt man ein Gestein, bei welchem eine eigentümliche gegenseitige Verwachsung der Feldspat- und der Quarzteilchen stattfindet, so daß dasselbe das Aussehen bekommt, als wäre es mit hebräischen Schriftzeichen bedeckt. Hier und da treten auch accessorische Gemengteile im Granit in größerer Menge ein, dann redet man von Turmalingranit, Cordieritgranit ꝛc. Greisen nennt man ein granitisch aussehendes graues Gestein, aus vorwaltendem Quarz und Glimmer bestehend (meist Lithionglimmer), das feldspatfrei oder fast ganz feldspatfrei ist. Es ist ein durch Silicificierung veränderter Granit, dessen Feldspat teils durch Quarz ersetzt wird, teils lokal (auch auf Kosten des Glimmers) durch Neubildung von Zinnstein, Turmalin, Topas und Fluorit (Zinnwald u. a. Orte im Erzgebirge, Cornwall). Vermittels des Granitporphyrs, eines Gesteines, in welchem in einer feinkörnigeren Grundmasse größere Individuen von Quarz und Feldspat ausgeschieden sind, gehen die granitischen Gesteine über in den

Quarzporphyr, ein Gestein mit dichter mikrofelsitischer Grundmasse, worin große Krystalle von Feldspat und Quarz ausgeschieden sind.

Felsitpechstein. Hat eine ähnliche Zusammensetzung und Struktur wie der Quarzporphyr, nur fehlen die größeren Krystallausscheidungen. Auch zwischen diesem Gestein und dem Quarzporphyr besteht eine Serie von Uebergängen.

Der Liparit ist gewissermaßen der tertiäre und posttertiäre Vertreter der Granite, doch kennt man keine recenten liparitischen Laven. Der monokline Feldspat in allen Gesteinen dieser Gruppe tertiären und posttertiären Alters ist

nicht mehr der Orthoklas, sondern der Sanidin; der Plagioklas tritt zumeist als Albit auf.

Perlit, Obsidian, Trachytpechstein und Bimsstein sind die glasigen Glieder dieser Gruppe. Der Perlit besitzt eine eigenartige Struktur. Es liegen nämlich in der Glasmasse kugelige Gebilde, deren einzelne Teile ähnlich wie Zwiebelschalen ineinandergreifen.

2. Die quarzfreien Orthoklasgesteine, die Familie des Syenits.

Syenit. Ein krystallinisch-körniges Gemenge von Feldspat und Hornblende; eines der wichtigsten accessorischen Mineralien ist der fast nie in den typischen Syeniten fehlende Titanit. Hier und da kommt auch Quarz in untergeordneter Menge im Syenit vor. Tritt Glimmer in größerer Menge unter die Gemengteile des Syenits, so entsteht der Glimmersyenit oder die Minette (der Name stammt von einer vulgären Bezeichnung dieses Gesteins durch die Bergleute in den Vogesen). Auch Augitsyenite sind bekannt.

Quarzfreier Porphyr ist die quarzfreie, porphyrische Ausbildung der Gesteine von der mineralischen Zusammensetzung der Syenite.

Der Trachyt ist jungvulkanisch und besteht aus Sanidin und Oligoklas, Glimmer, Hornblende und untergeordnetem Quarz und ist entweder krystallinisch-körnig oder porphyrisch struiert.

3. Die quarzfreien Orthoklas-Nephelin- oder Orthoklas-Leucitgesteine, die Familie des Eläolithsyenits.

Eläolithsyenit. Der ältere, körnige Vertreter dieser Gruppe. Der Nephelin ist hier durch den Eläolith ersetzt. Miascit nennt man eine Biotit führende Varietät von Miask im Ilmengebirge. Unter Foyait begreift man einen Hornblende führenden Eläolithsyenit von der Sierra de Monchique in Portugal, Ditroit wird ein Sodalith

führendes hierhergehöriges Gestein aus der Umgebung von Ditrô in Siebenbürgen genannt, Zirkonsyenit endlich ein Eläolithsyenit mit vielen Zirkonkrystallen.

Eläolithporphyr ist der porphyrisch ausgebildete analoge Gesteinstypus. Seltenes Gestein, auch Liebeneritporphyr und Gieseckitporphyr genannt. Ersterer bildet Gänge im südlichen Tirol und enthält Liebeneritkrystalle, woher der Name.

Phonolith. Wohl das wichtigste Glied dieser zweiten Gruppe. Es enthält neben dem Sanidin Nephelin, Leucit, Augit, Hauyn und Magnetit. Die Phonolithe sind jungvulkanische Gesteine. Leucitphonolith und Leucitophyr (Leucittrachyt) nennt man Abarten, bei denen der Nephelin teilweise oder auch vollständig durch Leucit ersetzt wird. Der Phonolith ist oftmals plattig abgesondert; beim Anschlagen geben diese Platten einen helltönenden Klang von sich, davon der Name Phonolith oder Klingstein.

4. Die Plagioklasgesteine mit Hornblende oder Biotit, die Familie des Diorits.

Diorit. Körniges Gestein, aus Feldspat, Quarz, Hornblende und Glimmer bestehend. Viele Varietäten, als Tonalit, Gesteine nach lokalem Vorkommen, Mt. Tonale in Südtirol u. s. f. so genannt. Der eigentliche Diorit ist ein fast quarzfreies Gestein; das quarzhaltige Aequivalent wird Quarzdiorit genannt, diejenige Abart, in welcher Glimmer die Hornblende ersetzt, Glimmerdiorit. Auch augitführende Diorite sind bekannt. Die porphyrischen Gesteine dieser Gruppe nennt man Porphyrite, hier also Dioritporphyrit. Bei allen Plagioklasgesteinen redet man überhaupt nicht mehr von Porphyren bei den porphyrisch struierten Varietäten, sondern nur noch von Porphyriten. Der Ausdruck Porphyr wird nur für die porphyrisch struierten Varietäten der Orthoklasgesteine gebraucht.

Als Dacit bezeichnet man die quarzhaltigen jüngeren Glieder der Dioriteporphyrite und als Andesite die quarzfreie Ausbildung dieses letzteren Gesteinstypus.

5. Die Plagioklasgesteine, die Diallag oder Hypersthen führen, die Familie des Gabbros.

Der Gabbro ist ein körniges, aus Plagioklas und aus Diallag bestehendes Gestein, das häufig Olivin als accessorischen Gemengteil führt (Olivingabbro).

Der Norit ist ein gabbroartiges Gestein, dessen Diallag durch Hypersthen oder Enstatit ersetzt ist. Auch davon kennt man olivinfreie und olivinführende Varietäten.

6. Die Plagioklas-Augitgesteine, die Familie des Diabases und Melaphyrs.

Diabas. Unter Diabasen versteht man Plagioklas-Augitgesteine. In dieser Abteilung vertritt der Olivin gewissermaßen die Rolle des Quarzes, denn man spricht hier von olivinfreien und von olivinhaltigen Diabasen. Der olivinfreie Diabas wird Diabas schlechtweg genannt, der olivinführende heißt Olivindiabas.

Diabasporphyrite nennt man die porphyrischen olivinfreien Glieder der Diabase.

Melaphyr. Diese Bezeichnung wendet man für die porphyrisch ausgebildeten Glieder der Olivindiabase an.

7. Die Familie des Basalts.

Der Plagioklasbasalt ist ein scheinbar dichtes Gestein von schwarzer Farbe, das der Hauptsache nach aus Plagioklas, Augit und Olivin mit mehr oder weniger Glasbasis besteht. In Grönland führt dieses Gestein metallisches Eisen und Graphit. Grobkörnige Varietäten bezeichnet man als Plagioklasdolerit, feinkörnigere als Anamesit.

Der Nephelinbasalt zeichnet sich durch das Hinzutreten von Nephelin unter seine Gemengteile aus. Olivinfreie Glieder dieses Gesteins nennt man Nephelinite.

Der Leucitbasalt besteht zumeist aus Leucit und Augit mit Olivin; die olivinfreien Varietäten tragen den Namen Leucitit.

Als Melilithbasalte bezeichnet man Gesteine dieser Familie, deren Zusammensetzung vorwiegend aus Melilith, Augit und Olivin besteht. Diejenigen Glieder der Basaltfamilie, die von Augit, Nephelin, Leucit und Plagioklas gebildet werden, demnach Zwischenglieder zwischen den Plagioklasbasalten, den Nephelinbasalten und den Leucitbasalten sind, tragen den Namen Basanite, ihre olivinfreien Glieder denjenigen der Tephrite.

Magmabasalte oder Limburgite (nach der Limburg im Kaiserstuhl) sind feldspat-, nephelin- und leucitfreie, mit reichlicher Glasbasis versehene Gesteine.

Basaltobsidiane und Basaltbimssteine sind ebenfalls bekannt geworden.

Die Basaltfamilie ist jungvulkanischen Alters, und ihre Typen sind teilweise noch unter den Laven der gegenwärtigen Vulkane vertreten.

8. Die Familie der Olivingesteine.

Dunit, ein fast nur aus Olivin mit etwas Chromit oder Picotit bestehendes ziemlich seltenes Gestein. (Der Name ist demselben von F. von Hochstetter nach derjenigen Oertlichkeit gegeben wurden, an der er es zuerst entdeckte, dem Dun-Mountain auf der Südinsel Neuseeland.)

Pikrit, ein aus Olivin mit monoklinem Augit und oft auch aus größeren Mengen Hornblende zusammengesetztes Gestein. (Der Kimberlit, ein Gestein, das in größerer Tiefe im diamantführenden „Blue ground" der südafrikanischen Minen kompakte Massen bildet, dürfte wohl zu den Pikriten gehören.)

Lherzolith ist ein aus Olivin, Enstatit, Diopsid und Picotit gebildetes Gestein. (Seinen Namen hat es von seiner ersten Fundstelle, dem Weiher Lherz in den französischen Pyrenäen erhalten.)

Die Olivingesteine waren zweifellos in früheren Zeiten in größerer Menge auf der Erde verbreitet als jetzt, da dieselben sich im Laufe der Aeonen teilweise in Serpentin umgewandelt haben.

b. Schiefrige Gesteine (Krystallinische Schiefergesteine).

Gneis. Die schiefrige Ausbildung der Gesteine vom granitischen Typus. Auch hier unterscheidet man alle die Varietäten, die beim Granit unterschieden werden, Biotitgneis, Hornblendegneis, Protogingneis &c.

Granulit ist ein weißliches, schiefriges Gestein, das aus Orthoklas, Quarz und Granat in feinkörnigem Gemenge besteht.

Hälleflinta, ein Gneis mit sehr feinem Korne, in abwechselnden Lagen verschiedene graue, gelbliche, bräunliche und grüne Farbentöne zeigend. Zeigt Uebergänge in den eigentlichen Gneis.

Glimmerschiefer, schiefriges Gestein aus Quarz und aus Glimmer bestehend, und zwar in sehr abwechselndem Verhältnis. Beim echten Glimmerschiefer ist der Glimmer bedeutend im Uebergewicht. Ist dagegen mehr Quarz vorhanden, so spricht man von Quarzitschiefer. Varietäten in großer Menge, darunter: Paragonitschiefer, Glimmerschiefer mit Natronglimmer, Sericitglimmerschiefer, solcher mit Sericit und Chlorit, Kalkglimmerschiefer, solcher mit Kalk in linsenförmigen Lagen &c.

Phyllit oder Thonglimmerschiefer oder Urthonschiefer. Gesteine von dunkler Farbe, mit sehr deutlicher Schieferstruktur und aus Feldspat, Quarz, Glimmer und Chlorit, daneben noch aus anderen Mineralien bestehend. Die mineralische Zusammensetzung ist nur unter dem Mikroskope zu erkennen. Dahin gehören die Chiastolithschiefer mit Chiastolith, die Staurolithschiefer mit Staurolith, die Ottrelithschiefer mit Ottrelith, die sogen. Fruchtschiefer, Garbenschiefer, Knotenschiefer, Fleck-

schiefer ꝛc. Auch der Sericitschiefer, nicht zu verwechseln mit dem Sericitglimmerschiefer, gehört hierher.

3. Klastische Gesteine.

a. Vulkanischen Ursprunges.

Tuff. Unter Tuffen hat man feinzerriebene eruptive Gesteine zu verstehen, die bei vulkanischen Ausbrüchen entstanden sind. Dieselben sind mehr oder weniger fest miteinander verbunden. Man unterscheidet je nach den Gesteinen, deren Begleiter sie bei der Eruption gewesen sind und aus deren Bestandteilen sie bestehen, Porphyrtuffe, Diabastuffe, diese zum Teil auch Schalsteine genannt, Trachyttuffe, Basalttuffe, Phonolithtuffe ꝛc.

Peperino ist der Lokalname für einen zahlreiche Krystalle enthaltenden Tuff im Albanergebirge.

Lose vulkanische Auswürflinge. Dahin gehören die vulkanischen Sande und Aschen, welche dieselbe Entstehungsursache haben, wie die Tuffe, mit dem alleinigen Unterschiede, daß letztere wohl meist submarine Bildungen oder wenigstens solche sind, bei deren Aufschichtung auch das Wasser mitgewirkt hat. Dahin gehören ferner die vulkanischen Auswürflinge, welche man Bomben, Lapilli ꝛc. genannt hat, Stücke erstarrter Lava, welche je nach ihrer Größe bezeichnet werden. Größere erhalten die erstere, kleinere die zweite Benennung.

b. Zusammenschwemmungsgebilde.

Konglomerate. Deren Strukturverhältnisse wurden schon früher erläutert. Das Bindemittel, welches die einzelnen Rollstücke verkittet, kann entweder kieseliger oder kalkiger Natur sein. Bestehen die Konglomerate nur aus einer Sorte Gestein, so spricht man von monogenen, bestehen dieselben aus mehreren Arten von Gesteinen, so spricht man hingegen von polygenen Konglomeraten. Zu den Konglomeraten gehören auch die Grauwacken, dunkelgefärbte

Gesteine, aus Stücken von Quarz, Kieselschiefer, Thonschiefer, Feldspat- und Glimmerteilchen, die oftmals schiefrig struiert sind (Grauwackenschiefer), gebildet. Diese Grauwacken sind in der paläozoischen Formationsgruppe sehr verbreitet, weshalb man auch die Silur- und Devonformation früher als Grauwackenperiode bezeichnet hat. Ein tertiäres Konglomerat ist die Nagelfluh, ein anderes der Puddingstein der Engländer.

Breccien. Auch die Struktur dieser Art von Gestein ist schon früher erläutert worden. Eine der interessantesten Breccien ist das sogenannte Bonebed, eine in der Trias vorkommende, fast nur aus Knochenfragmenten, Koprolithen ꝛc. bestehende Breccie. Gewisse Breccien an den Grenzen von Eruptivgesteinen pflegt man Reibungsbreccien zu nennen.

Sandstein. Das den Sandstein in erster Linie zusammensetzende Mineral ist Quarz in ziemlich kleinen Körnern. Das Bindemittel dieses letzteren ist, wie bei den Konglomeraten und den Breccien, entweder ein kalkiges oder ein kieseliges, oftmals auch ein thoniges. Man spricht von mergeligem, thonigem, kieseligem Sandstein, eisenschüssigem Sandstein (durch beigemengtes Eisenoxyd) ꝛc. Dem Sandstein sind sehr oft gewisse accessorische Bestandteile, wenn anders man von solchen hier reden kann, beigemengt, so z. B. gewisse Erze, Bleiglanz, Kupfererze ꝛc. Die Farbe der Sandsteine ist äußerst verschieden, weiß, gelb, rot, braun, grün ꝛc., je nach der Färbung des oftmals durch verschiedene Stoffe verschieden gefärbten Bindemittels. Bei den Sandsteinen unterscheidet man nach ihrer Lagerung viele Altersvarietäten, wie z. B. Tertiärsandstein, Kreide- oder Quadersandstein, Jurasandstein, Buntsandstein ꝛc. Arkose nennt man ein sandsteinartiges, viel Feldspat und Glimmer enthaltendes Gebilde.

Thonschiefer. Dunkle Gesteine, makroskopisch dicht erscheinend, aus feinzerriebener Masse älterer Gesteine bestehend, wie die mikroskopische Analyse ergiebt. Als

accessorischer Gemengteil kommt sehr häufig der Rutil darin vor. Ausgezeichnete Schieferstruktur. Große Menge von Varietäten, darunter Dach- und Tafelschiefer, Griffelschiefer, Wetzschiefer, Alaunschiefer ꝛc. Unter Schieferthon versteht man einen an Thon sehr reichen Thonschiefer; man nimmt an, daß es erhärtete Thone und Letten sind. Bitumenreiche Thonschiefer nennt man Brandschiefer.

Kaolin. Zersetzungsprodukt feldspatführender Gesteine; mit diesen vergesellschaftet vorkommend. Wasserhaltiges Thonerdesilikat. Die von fremden Beimengungen freie Substanz nennt man auch Kaolinit. Das Kaolin (resp. Kaolinit) ist das Material zur Porzellanfabrikation.

Thon. Stark durch mancherlei Beimengungen verunreinigtes Kaolin. Hierher gehört auch der Lehm und der Löß, in dem sich sehr viel kohlensaurer Kalk findet.

Laterit nennt man ein in den feuchten und niederschlagsreichen Gebieten der Tropen aus der Zersetzung von krystallinischen Gesteinen sich bildendes lehmiges, sehr eisenreiches und rotgefärbtes Gestein. (Later, der lateinische Name für Ziegel.) Hohe Wärme, Regenreichtum und üppige Vegetation sind die Hauptbedingungen für die Bildung des Laterits.

Gerölle, Geschiebe und Sand sind Dinge, die sich von selbst erklären. Große Geschiebe, die dahin, wo sie vorkommen, durch Gletscher oder Eisberge gebracht worden sind, nennt man Findlingsblöcke oder erratische Blöcke.

Dritter Abschnitt.

Der Vulkanismus oder die vulkanischen Erscheinungen.

Unter Vulkanismus verstehen wir mit A. v. Humboldt die Gesamtheit der Reaktionen eines glutflüssigen, fortschreitend im Erstarren begriffenen Erdkerns (Erdinneren) gegen eine starre Erdkruste. Daraus folgt, daß zum Vulkanismus nicht nur die in den eigentlichen Vulkanen sich äußernde Thätigkeit gehört, sondern auch alles, was wir unter Solfataren, Fumarolen, Erdbeben (wenigstens zum größten Teil), säkularen Bodenhebungen und -senkungen. Gebirgsbildung 2c. verstehen.

Die Vulkane.

Vulkane. Als Vulkane bezeichnen wir mit Supan jede Erdstelle, die durch einen Kanal mit dem Erdinnern in Verbindung steht, aus welchem heißflüssiges Gesteinsmaterial zu Tage gefördert wird oder gefördert wurde. Es ist also durchaus nicht nötig, daß der Vulkan ein Berg ist, denn manche Vulkane erheben sich kaum wenige Meter über die Erde, wie die nachher zu besprechenden Maare. Die Vulkanberge werden meistens von den Vulkanen selbst aufgebaut, und zwar vermittelst des von ihnen zu Tage geförderten Materials.

Einteilung der Vulkane. Man teilt die Vulkane ein in

1. thätige und
2. erloschene Vulkane.

Unter thätigen Vulkanen versteht man solche, welche seit historischen Zeiten thätig gewesen sind, unter erloschenen diejenigen, welche seit Menschengedenken keine Eruption mehr

gehabt haben. Zu der ersten Abteilung gehören z. B. der Vesuv, der Aetna, der Stromboli und andere mehr, in die zweite Kategorie dagegen z. B. der Mosenberg in den Rheinlanden, die Maare der Eifel, viele Vulkane der Kanarischen Inseln rc.

Auf Grund des Materials, woraus ein Vulkan besteht, spricht man von

a) geschichteten oder Stratovulkanen und von
b) homogenen oder massigen Vulkanen.

a. Die geschichteten oder Stratovulkane.

Dieselben bestehen aus wechsellagernden Schichten von Tuffen, Aschen und Laven, also von ausgeworfenen vulkanischen Massen. Ein solcher Stratovulkan bildet sich meist ganz allmählich. Erst ist in den häufigsten Fällen nur eine kreisrunde Oeffnung vorhanden, der Krater, d. i. die Ausmündungsstelle des mit dem Erdinneren kommunizierenden Kanals an der Erdoberfläche. Aus dem Krater werden die ebenerwähnten Materialien ausgeworfen, und dieselben häufen sich ringwallartig um denselben herum an. Infolge wiederholter Eruptionen vergrößert sich dieser Ringwall immer mehr und mehr, und es entsteht ein Vulkankegel. Je nach der Zeitdauer der Thätigkeit eines solchen Vulkanes und selbstverständlich je nach der öfteren Wiederholung und der Heftigkeit seiner Eruptionen wird sein Kegel größer oder kleiner sein. Auch wird sich der Kegel je nach der zeitweisen Verschiedenheit des Auswurfs des Vulkanes aus Schichten verschiedenen Materials zusammensetzen. Die nachstehende Abbildung (Fig. 14) zeigt den idealen Durchschnitt durch einen Stratovulkan. Man sieht den Krater und den zum Teil mit Lava angefüllten Kanal. Von diesem zweigen sich zahlreiche Nebenkanäle ab, welche den Vulkankegel durchbrechen und auf dessen Gehänge die Bildung von Nebenkratern oder Lateralkegeln verursacht haben. Man sieht auf der Abbildung die Schichten von verschiedenem Material, die den Kegel zusammensetzen und nach außen zu

abfallen. Im Ruhezustande des Vulkans, d. h. in derjenigen Periode, welche zwischen zwei Eruptionen desselben liegt, ist der Krater nach oben durch eine Kruste erstarrter

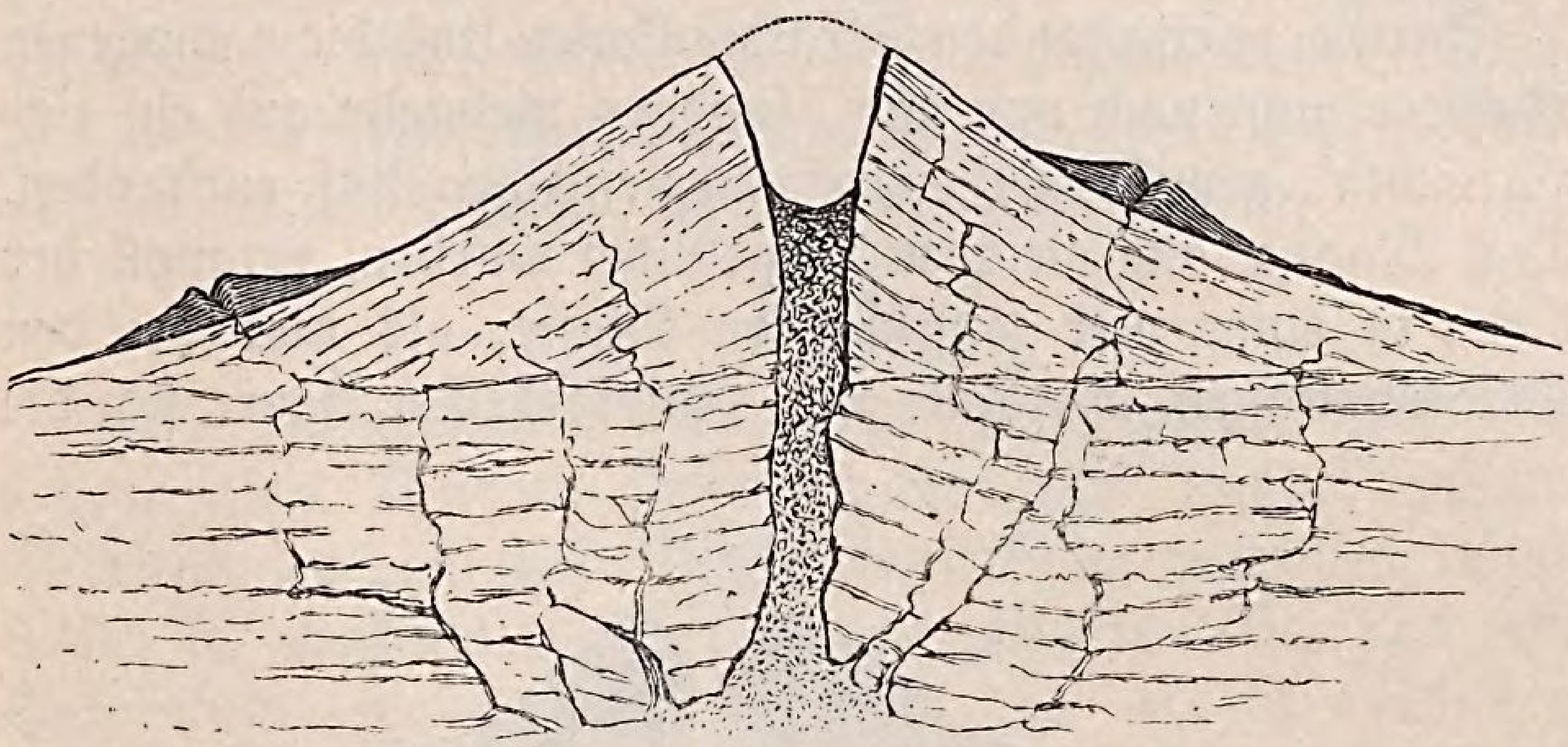


Fig. 14. Stratovulkan mit Nebenkratern.

Lava abgeschlossen. Diese letztere erkaltet nämlich sehr schnell in ihrer Oberfläche. Zieht sich jedoch unterhalb der den Krater nach oben zu abschließenden festen Lavakruste die Lava im Ruhezustande des Vulkans zurück, so verlieren die meist nur aus lockerem Materiale aufgeschichteten Kraterwände ihren Halt und stürzen in sich zusammen. Dann erfolgt die Bildung eines Einsturzkraters, bei welchem Vorgang natürlich auch der zerstörende Einfluß der Atmosphärilien in großem Maßstabe mitwirkt. Letzterer bringt dann oftmals eine seitliche, schluchtartige Oeffnung in dem Kraterwalle zu stande, welche man nach einem Vorkommen auf Palma (Kanarien) den Barranco nennt, während der Einsturzkrater die denselben Ursprung habende Bezeichnung Caldera erhalten hat. Erfolgt nun eine neue Eruption, so baut sich der neue Kraterwall im alten Einsturzkrater auf, wie dies Figur 15 zeigt. Nach Seebach sind übrigens Einsturzkrater seltenere Vorkommnisse; häufiger ereignet es sich, daß durch besonders starke erneute Eruptionen ein großer Teil des Vulkankegels in die Luft geblasen wird, wobei oft-

mals die Aschen viele Tausende Kilometer weit durch die Winde fortgetragen werden.

b. Die homogenen oder massigen Vulkane.

Im Gegensatze zu den Stratovulkanen sind die homogenen Vulkane nicht nach und nach, sondern vielmehr auf ein einziges Mal, gewissermaßen auf einen einzigen Guß entstanden. Das Magna, aus welchem sie gebildet wurden, entquoll der Erde in einer viel zähflüssigern Masse, als dies bei den Stratovulkanen der Fall ist. Infolgedessen staute sich die

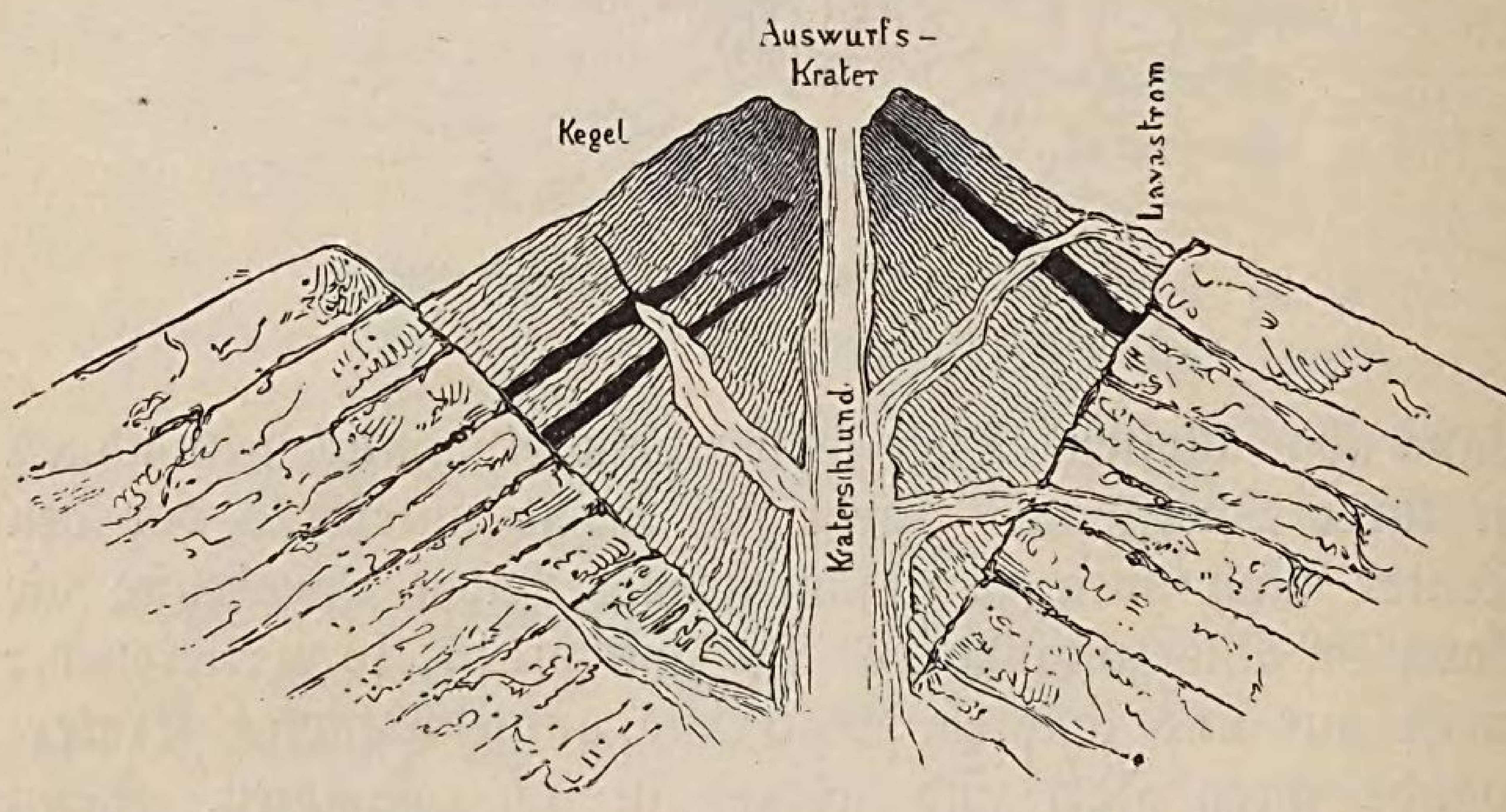


Fig. 15. Einsturzkrater, in welchem sich ein neuer Vulkankegel aufgebaut hat.

Magnamasse über der Eruptionsstelle auf, glockenförmig oder kuppenförmig. So entstanden die vulkanischen Kuppen und Dome des Hegaues, der Auvergne 2c. Charakteristisch für die homogenen Vulkane ist die prismatische und die plattenförmige Absonderung ihrer Gesteine. Für die letztere Absonderungsform läßt sich auch der Ausdruck Zwiebelstruktur vortrefflich anwenden. Die Mehrzahl der heutigen Vulkane gehört der ersten Kategorie, d. h. den Stratovulkanen, an, während die homogenen Feuerberge zu den Ausnahmefällen gehören. Zu den bekanntesten dieser letzteren, deren Bildung in historische Zeiten fällt, gehört der Georgios bei Santorin,

welcher bei den im Jahre 1866 auf der Insel und in deren Umgebung stattgehabten Eruptionen gebildet worden ist. Die Eruption von Santorin in den ebenerwähnten Jahren hat zwar auch einen Krater gezeitigt, aber nur erst im zweiten Stadium der vulkanischen Thätigkeit, während das erste durch den unvermittelten Austritt der wie eine große Blase emporgetriebenen Lavamassen charakterisiert worden ist.

c. Maare.

Eine eigentümliche vulkanische Erscheinung bilden die sogenannten Maare, kesselförmige, mit Wasser gefüllte Vertiefungen von meist kreisrunder Gestalt im Boden. Man nennt sie auch Kesselkrater. Die Maare stellen das erste Entwicklungsstadium eines Vulkans dar. Es ist durch dieselben nur eine einzige Eruption erfolgt, und dann trat wieder der Ruhezustand ein. Die Maare sind entweder nur mit einem ganz niedrigen Wall von Eruptionsmaterial eingefaßt, oder dieser letztere fehlt ihnen auch ganz und gar; viele haben auch einen Abflußkanal für das in ihnen sich ansammelnde Wasser, anderen geht dieser wiederum ab. Die Maare besitzen zuweilen einen ganz beträchtlichen Umfang, so z. B. das Pulvermaar in der Eifel (auch Gillenfelder See genannt), dessen größter Durchmesser 735 m beträgt, und das eine Tiefe von 94,8 m besitzt. Dieselben sind auf der Erde weitverbreitete Erscheinungen, so in den Rheinlanden, in der Auvergne, in Italien, auf Madagaskar ꝛc. Nach den Untersuchungen Brancos soll die Umgebung von Urach in Württemberg das bedeutendste Maargebiet der Erde darstellen. 125 teils erhaltene, teils mehr oder weniger zerstörte Maare hat der erwähnte Forscher darin gezählt. Dieselben sind auf einem etwa 20 Quadratmeilen großen Gebiete verteilt. Vor den Veröffentlichungen Brancos über den ebenerwähnten Gegenstand waren nach Gilbert auf unserer Erde etwa 50 Maare bekannt, so daß also nach dem ersteren im Uracher Gebiet mehr als zweimal so viel Maare vorhanden wären als auf der gesamten übrigen Oberfläche

unseres Planeten. Die untenstehende Abbildung (Fig. 16) zeigt ein berühmtes Maar, den Lac Pavin, am Fuße des Mont Chalme in der Auvergne.

Die Bildung der Maare ist ganz unabhängig von der Gesteinsbeschaffenheit ihres Untergrundes. So sind die Maare der Eifel in davonische Kalke und Schiefer, die der Auvergne in Granit oder in Basalt eingesenkt, und immer sind ihre Form und die Art und Weise ihres Vorkommens dieselben.

Die vulkanische Thätigkeit.

Bei der Eruption eines Vulkans lassen sich gewöhnlich drei aufeinanderfolgende Thätigkeitsäußerungen unterscheiden.

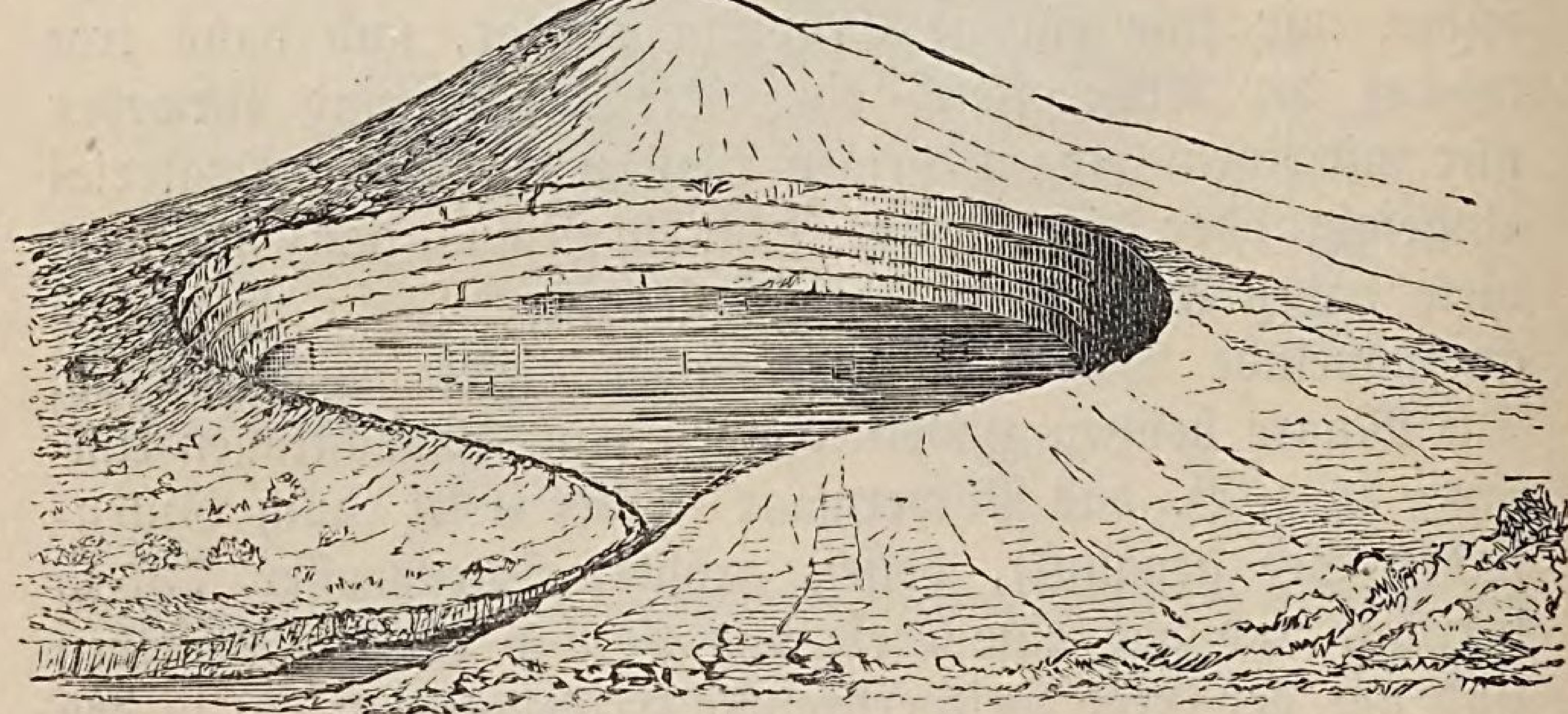


Fig. 16. Maar Lac Pavin in der Auvergne.

Die erste derselben besteht in lokalen Bodenerschütterungen, in starkem unterirdischen Getöse, Aufreißungen von Spalten, starken Ausströmungen 2c. Tritt die zweite Thätigkeitsäußerung ein, so öffnet sich der Krater, das denselben erfüllende Material wird hoch in die Luft geschleudert, und diese Ausschleuderungen von Schlacken und Aschen dauern oft mehrere Tage lang. Indem diese Ausschleuderungsprodukte auf den Berg und auf dessen Umgebung niederfallen, pflegen sie den Berg um eine neue Schicht zu vergrößern,

oder an dessen Fuß mächtige Anhäufungen zu bilden, die schon ganze Ortschaften verschüttet haben, wie z. B. Pompeji und Herculanum ums Jahr 79 n. Chr. Geburt. Die dritte Eruptionsthätigkeit besteht im Ausfließen der Lava. Bricht die Lava aus dem Gipfel des Vulkans hervor, so entstehen sogenannte Gipfeleruptionen, tritt sie dagegen an den Seiten des Kraters aus, so spricht man von Seiteneruptionen. Dann bilden sich sogenannte Nebenkrater, wie sie schon erläutert wurden und in Fig. 14 abgebildet worden sind. Die Bewegungen der schmelzflüssigen Lavamassen sind nur sehr geringe; auf ihrer Oberfläche finden fortwährend Gasexplosionen statt; wenn auch Flammenerscheinungen in kleinem Umfange beobachtet worden sind (Santorin), so wird doch die scheinbare Feuersäule im Krater auf den Widerschein der darin befindlichen heißflüssigen Lava zurückgeführt werden müssen.

Die Auswurfsprodukte bestehen, wie schon gesagt, aus Aschen, Schlacken und glutflüssigen Laven. Die Aschen sind teils Zerreibungsprodukte der die Wände des Kanals bildenden Gesteine, teils feinzerteilte Laven selbst. Die größeren Auswürflinge bestehen vielfach aus größeren von der Lava losgerissenen Blöcken dieser Gesteine, so z. B. die Sommablöcke des Vesuvs, oder sie sind aus schon erstarrtem Magma zusammengesetzt und werden dann je nach ihren Dimensionen Lapilli oder Bomben genannt. Unter Laven verstehen wir die in glutflüssigem Zustande aus dem Erdinnern hervorgequollenen Gesteinsmassen. An der Oberfläche erstarrt die Lava sehr schnell, während unter dieser Erstarrungskruste ihre fließende Bewegung fortdauert.

Durch den Umstand, daß während der Dauer der Eruption die unter derselben fließende Lava immer neuen Zufluß erhält, wird die erkaltete Decke zeitweise wieder gesprengt und in Stücke getrennt, neue Lavamassen brechen durch die Oeffnungen hervor, erkalten wieder an der Oberfläche, und dadurch entsteht das wüste, runzelige, vielfach

zerrissene und schlackige Aussehen eines Lavastromes. Auch sogenannte Schlackenkegel (Fig. 17) werden infolge dieser ebengeschilderten Vorgänge auf der Decke der Lavaströme zuweilen herausgebildet. Die Lavaströme selbst sind von sehr verschiedener Länge; man kennt solche in einer Länge und Breite von vielen Kilometern. Sie erkalten an ihren oberen und an ihren unteren Begrenzungsflächen sehr rasch, während sie in ihrer Mitte noch lange Zeit hindurch hohe Temperaturen bewahren. Man spricht von sauren und von basischen Laven, je nach der Menge der in ihnen enthaltenen Kieselsäure. Eine saure oder trachytische Lava enthält bis zu 66 % Kieselsäure, während eine basische oder basaltische Lava deren nur bis 55 % enthält. Je saurer eine Lava ist, desto zähflüssiger ist sie und um so schneller wird sie erkalten. Erwähnenswert ist auch der Umstand, daß ein Vulkan trachytische, der andere dagegen basaltische Laven zu Tage fördert. So sind die Laven von Georgios und Aphroessa im Santorin-Vulkane saure, die heutigen Laven des Vesuvs dagegen basische.



Fig. 17. Schlackenkegel.

Fumarolen-, Solfataren- und Mofettenthätigkeit. Auch im Zustande der Ruhe, d. h. in dem zwischen zwei Eruptionen liegenden Zeitraume hört die Exhalationsthätigkeit der Vulkane nicht auf. Es entweichen Wasserdämpfe, dann findet die sog. Fumarolenthätigkeit statt, oder der Vulkan stößt Schwefelwasserstoff und schweflige Säure in

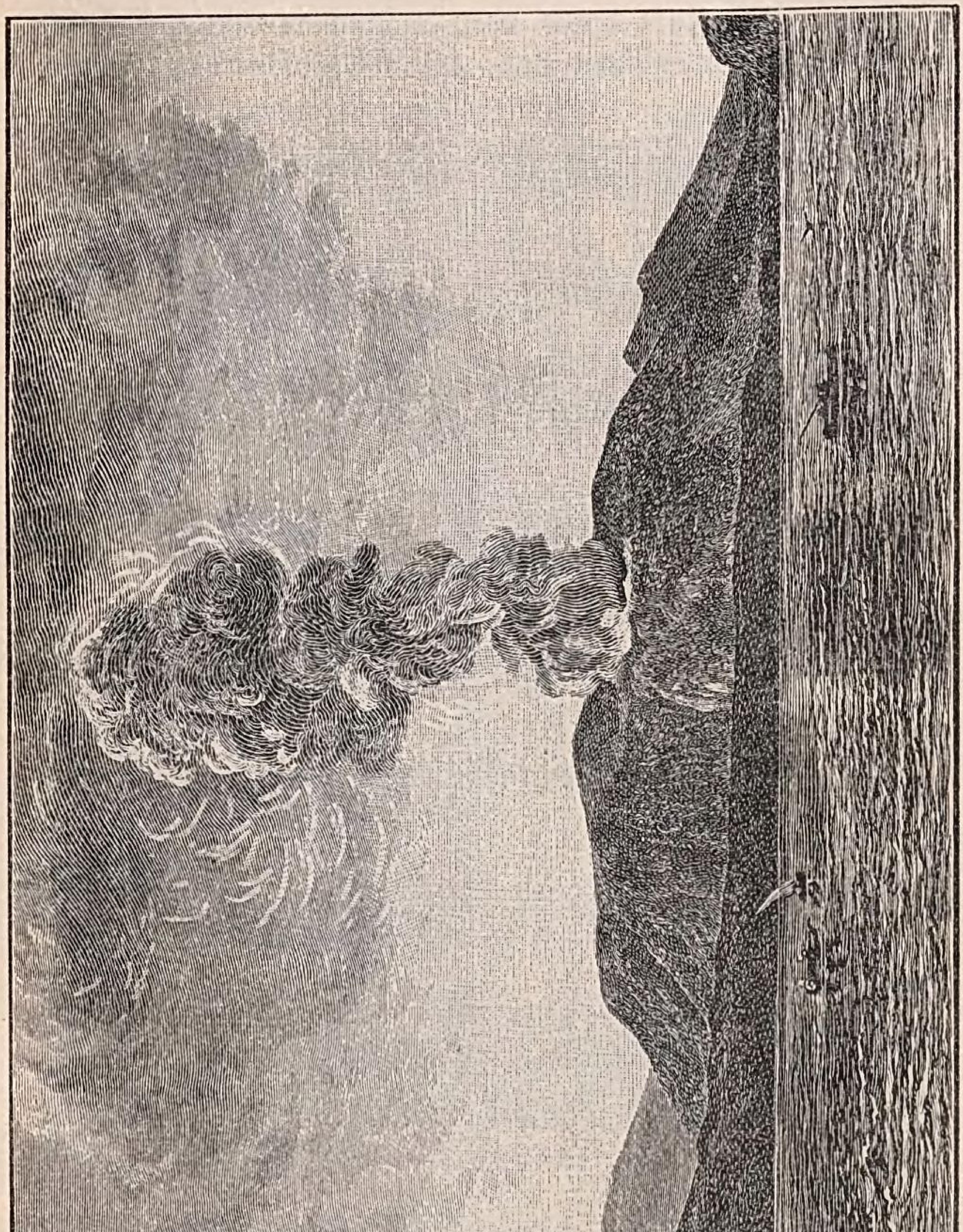


Fig. 18. Volcano (Liparen) in Eruption.

größerer Menge aus, ein Vorgang, den man die Solfatarenthätigkeit nennt, oder es kommen endlich Exhalationen von Kohlensäure vor, die Mofettenthätigkeit.

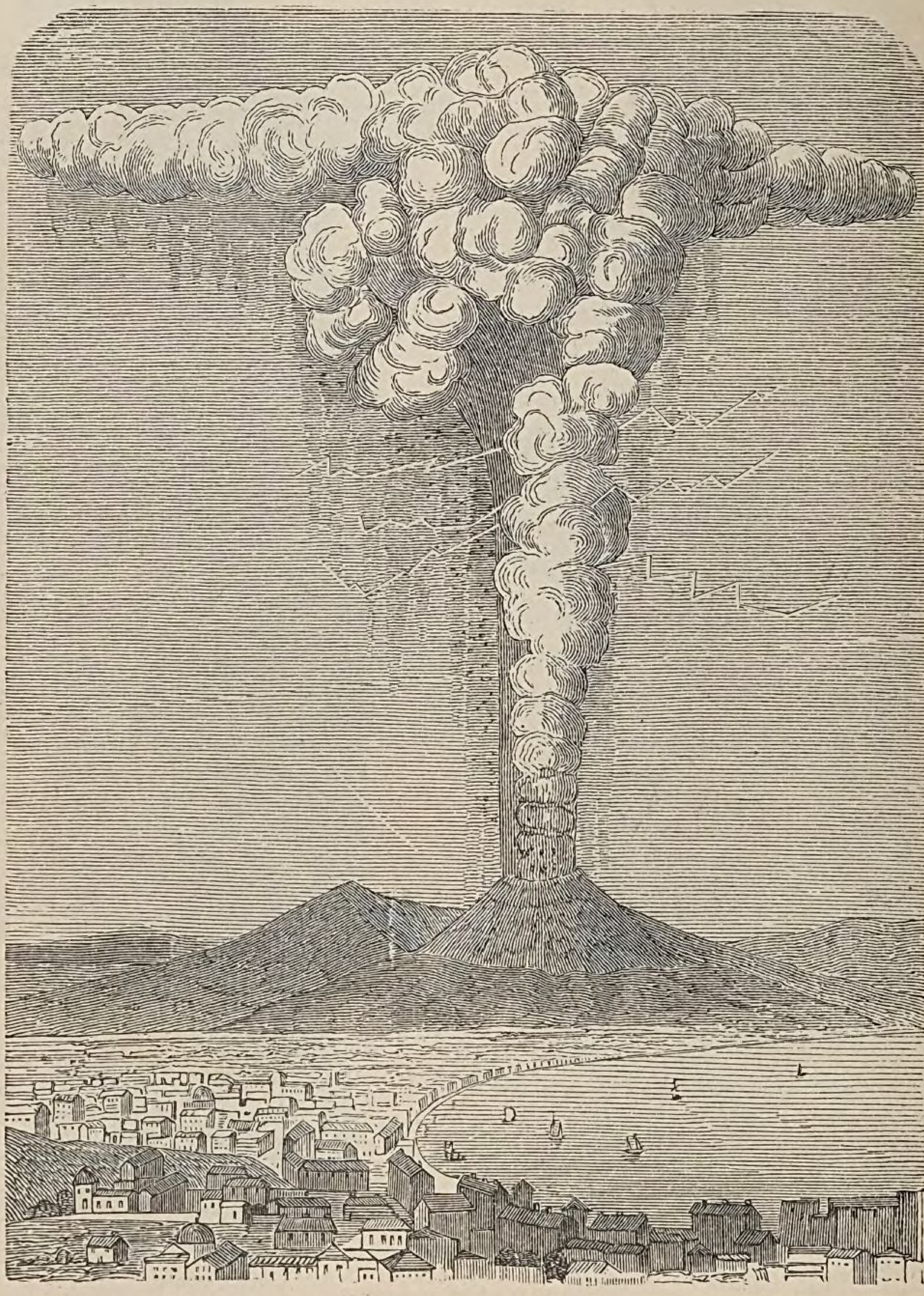


Fig. 19. Ausbruch des Vesuvs im Oktober 1822. Der Bergkranz, welcher links den Hauptkegel des Vesuvs umgiebt, ist die „Somma“, der alte Krater des Vulkans.

Letztere Erscheinung hält unendlich lange Zeit an, selbst wenn die vulkanische Thätigkeit längst abgeschlossen ist. So entweichen heute noch Kohlensäuredämpfe in der Nähe der einer vergangenen geologischen Epoche angehörigen Vulkane der Eifel.

Die Zeitdauer der Ruhe eines Vulkanes ist sehr verschieden; so hat der Vulkan auf der Insel Stromboli nur viertelstündige Intervalle zwischen jeder Eruption, während anderseits der Epomeo auf Ischia, soweit unsere Kenntnis davon reicht, seit Menschengedenken nur eine einzige Eruption hatte, und zwar im Jahre 1302. Der Vesuv galt bis zum Jahre 79 nach Christi Geburt für einen erloschenen Vulkan, dann hatte er nach der in eben diesem Jahre stattgefundenen, von Plinius dem Jüngern so meisterhaft geschilderten Eruption fast säkulare, ja sogar mehrhundertjährige Intervalle, die gegenwärtig meist nur noch 3—4jährige sind.

Schlammsprudel. Unter der Bezeichnung Schlammsprudel, Schlammvulkane oder auch Salsen versteht man von Schlamm bedeckte Bodenzerspaltungen, aus denen gewisse Gasarten hervortreten und aus welchen oftmals Schlamm und Steine in größerer Menge herausgeschleudert werden, so daß auf diesen Bodenzerspaltungen förmliche Kegel entstehen, in deren Mitte sich ein Krater befindet. Man spricht von warmen und von kalten Schlammsprudeln. Nur erstere hängen mit den echten vulkanischen Erscheinungen zusammen. Sie sind charakterisiert durch hohe Temperatur und durch Ausströmen großer Mengen von Wasserdampf. Die kalten Schlammsprudel haben mit den vulkanischen Erscheinungen nichts zu thun. Sie entstehen durch die Zersetzung organischer Substanzen, die in den Ablagerungen an der Mündung der Flüsse sich finden, wo diese Schlammsprudel vorkommen, so sehr zahlreich im Mississippidelta, die sog. Mud-Lumps. Die umstehende Abbildung (Fig. 20 S. 50) zeigt solche warme Schlammsprudel in der Nähe von Carthagena in Kolumbien.

Mojaströme oder Schlammeruptionen bei gewissen hohen Vulkanen der Anden oder Islands entstehen dadurch, daß die auf diesen Bergen lagernden großen Schneemassen durch die Eruption des Vulkans geschmolzen werden und sich mit der austretenden Lava und hauptsächlich mit den herausgeschleuderten Aschen vereinigen, mit großer Schnelligkeit die Abhänge des Berges herunterstürzen und sich durch



Fig. 20. Warme Schlammsprudel bei Carthagena in Kolumbien.

Aufnahme des auf denselben lagernden lockern Materials immer mehr vergrößern. Ein Beispiel hierfür ist der Ausbruch des Kotopaxi in Ecuador am 26. Juni 1877, den uns Dr. Wolf so eingehend geschildert hat.

Die geographische Verteilung der Vulkane.

Man kennt kein allgemeines Gesetz der Verteilung der Vulkane auf unserer Erde. Dieselben sind vielmehr ganz

unregelmäßig verteilt in beiden Hemisphären, sowohl in den Aequatorialgegenden als auch in den gemäßigten Zonen und in der Nähe der Pole. Die thätigen Vulkane finden sich fast nur in der Nähe des Meeres, an den Küsten oder auf den Inseln im Meere. Sie kommen meist zu mehreren in Reihen oder Gruppen vor. Solche Vulkanreihen haben oftmals eine ganz beträchtliche Ausdehnung und stehen mit den sogen. Bruchlinien der Kontinente (siehe die Ursachen des Vulkanismus) in innigem Konnexe.

Die Anzahl der thätigen Vulkane ist eine sehr große. Sie beläuft sich auf viele Hunderte. Man kennt wohl auch noch nicht die sämtlichen noch thätigen Vulkane unserer Erde, zu welchen sich immer noch neu entstandene hinzugesellen, so der Vulkan von Leon in Nicaragua, der am 14. November 1867 entstand. Auch unterseeische Eruptionen, die die Bildung neuer Inseln veranlassen, sind nicht selten. Man denke nur an die schon erwähnten Inseln Georgios und Aphroessa bei Santorin, an die im Jahre 1831 plötzlich entstandene und bald wieder verschwundene Insel Ferdinandea im Mittelmeer rc.

Heiße Quellen oder Thermen

nennt man solche, deren Temperatur höher ist als diejenige der mittlern Jahrestemperatur des Ortes, an welchem sie zu Tage kommen; dieselben sind demnach den Temperaturveränderungen der oberen Bodenschichten und der Atmosphäre nicht unterworfen. Gewöhnlich werden aber als heiße Quellen im wahren Sinne des Wortes nur diejenigen mit derartig hoher Temperatur bezeichnet, daß unser Gefühl dieselbe deutlich als solche wahrnehmen kann, also Quellen von etwa 25° C. über 0 an. Man bezeichnet dieselben auch als absolute Thermen.

Temperaturverschiedenheiten der heißen Quellen.

Die Temperaturverhältnisse der heißen Quellen sind durchweg sehr verschiedene; es hat z. B. diejenige von Warm-

brunn 32°, diejenige von Trincheras in Venezuela dagegen 97° C.

Vorkommen der heißen Quellen.

Die heißen Quellen finden sich in den verschiedensten Gegenden unserer Erde, zum Teil in vulkanischen, zum Teil in nicht vulkanischen Gebieten, häufig aber auch in solchen, in denen vormals vulkanische Thätigkeit stattgehabt hat.

Die heißen Quellen weisen auf eine erhöhte Temperatur des Erdinnern hin, und da solche Quellen überall auf der Erdoberfläche zu Tage treten, so muß sich diese Temperatur überall vorfinden. Man kennt sogar Erscheinungen, welche ein direktes Bindeglied zwischen den Solfataren und den heißen Quellen darstellen, so die Suffioni im alten Großherzogtum Toscana, wo neben Ausströmungen von Wasserdampf auch noch solche von heißem Wasser, Borsäure, Schwefelwasserstoff 2c. beobachtet werden.

Entstehung und Einteilung der heißen Quellen.

Dieselben entstehen dadurch, daß Wasser aus größerer Tiefe, woselbst es erhitzt wird, durch Spalten hervordringt, sei es infolge von Dampfdruck oder von hydrostatischem Druck. Die Gesteine, durch welche das Wasser aus der Tiefe zur Erdoberfläche emporgedrängt wird, werden je nach deren Zusammensetzung aus mehr oder weniger löslichen Stoffen und je nach der Temperatur des dieselben durchströmenden Wassers von diesem angegriffen. Daher kommt es, daß der Gehalt der Thermen an mineralischen Stoffen ein sehr verschiedener ist und man dieselben nach diesem Gehalte eingeteilt hat in

1. Thermen mit sehr geringem Gehalt an festen oder gasigen Sustanzen, (selten mehr als 0,6 g festes im Liter), die indifferenten Thermen (Wildbäder), als z. B. Ragaz-Pfäffers, Wildbad, Gastein 2c.

2. Thermen mit höherem Gehalt an kohlensaurem Natron und freier Kohlensäure, unter Zurücktreten der übrigen Be-

standteile (Kochsalz, schwefelsaures Natron ꝛc.), die alkalischen Thermen. Beispiel: Mühlbrunnen und Sprudel in Karlsbad.

3. Thermen mit Gehalt an Schwefelverbindungen (freier Schwefelwasserstoff, Sulfide der Alkalien, des Kalks oder der Magnesia). Die Schwefelthermen. Beispiele: Aachen, Aix-les-bains in Savoyen ꝛc.

4. Thermen, ausgezeichnet durch ihren Gehalt an Kochsalz, die Halothermen. Beispiele: Wiesbaden, Nauheim.

5. Thermen mit großem Gehalt an Kieselsäure, die Geiser (Island, Nordamerika ꝛc.).

Auch die Wassermenge dieser Thermen ist eine sehr verschiedene; einzelne fließen nur spärlich, andere sind sehr wasserreich. Die meisten Thermalquellen fließen beständig, andere aber nicht, sondern ihre Wasserausströmungen erfolgen nur in ganz bestimmten Zeiträumen. Man nennt dergleichen Thermen intermittierende Thermen.

Geiser nennt man intermittierende Thermen, bei welchen das heiße Wasser in brunnenartigen Vertiefungen sich ansammelt, die an ihrem oberen Ende kesselartig erweitert sind und von einem Ringwall aus Sinter umgeben werden. Durch die Spannung der Wasserdämpfe wird dann plötzlich eine große Menge heißen Wassers emporgeschleudert und fällt dann wieder in das Becken zurück.

Solche Eruptionen erfolgen in sehr verschiedenen Zeiträumen, entweder stündlich, oder täglich, oft auch sind die Zwischenperioden noch größer. Der isländische Typus dieser Geiser, der Große Geiser, liegt etwa 46 km nordwestlich vom Hekla und hat sich einen Kegel aus Kieselsinter von 8—10 m Höhe und 70 m Längendurchmesser aufgebaut. Es ist nämlich die Abscheidung von Kieselsinter eine den allermeisten Geisern zukommende Eigenschaft. In früheren Jahren, gewöhnlich alle 24—30 Stunden, erfolgte eine mächtige Eruption dieser Springquelle; bis zu 50 m stiegen die Wasserstrahlen in die Höhe. Heutzutage soll dies nicht mehr der Fall sein, und oft sollen mehrere Tage, ja eine

ganze Woche verfließen, ehe ein neuer Ausbruch zu stande kommt. Auch steigen die Wassergarben kaum mehr höher als 18 m. Das das Geiserbecken anfüllende Wasser ist meist ruhig und zeigt 76—89° C. an seiner Oberfläche. Im Quellenkanal, bei 22,5 m Tiefe jedoch besitzt dasselbe, wie aus den Beobachtungen Bunsens und Descloizeaux hervorgeht, etwa 127° C. vor und etwa 122° C. nach einem Ausbruch. Die Temperatur des Wassers nimmt also zu von der Oberfläche gegen den Boden des Quellkanals und wird in der Annäherung an einen Ausbruch steigen. In Figur 21 sieht man einen schematischen Durchschnitt durch die Geiserröhre und aus der Tabelle ist die Tiefe und die Temperatur, welche an den Punkten A bis F herrscht, zu entnehmen, ebenso wie diejenige Hitze, die an den betreffenden Punkten herrschen müßte, wenn das Wasser daselbst kochen sollte. Man erkennt sofort, daß an keiner dieser Stellen die Wassersäule vor einem großen Ausbruch die erforderliche Wärme besitzt, um bei dem auf ihr lastenden Druck in den Kochzustand zu geraten. Am unteren Ende der Wassersäule ist die Differenz zwischen der beobachteten Temperatur und derjenigen, die für den Kochpunkt nötig wäre, gleich 10° C., an der Oberfläche ist dieselbe noch größer, beim Punkte D

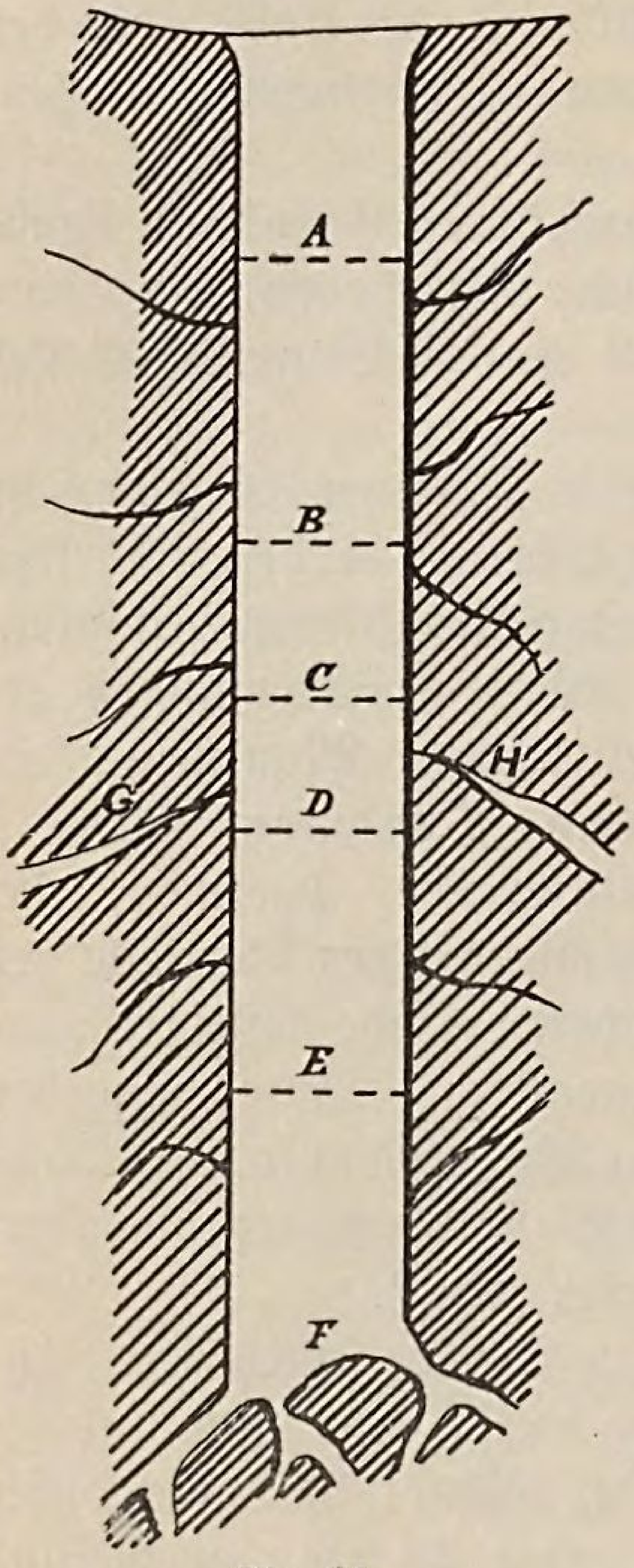


Fig. 21.
Durchschnitt durch eine Geiserröhre.
Nach Lapparent.

aber, in etwa 13 m Tiefe ist eine Stelle, woselbst diese Differenz nur noch 2° C. beträgt. Wenn nun die heißen, aus dem Untergrunde heraufströmenden Dämpfe solche Gewalt erhalten haben, um das Wasser 2 m höher zu heben, wie das an der Oeffnung der Geiserröhre beobachtet werden kann, so gelangt die Schicht warmen Wassers bei D mit 121,8° C. Wärme im Augenblick an die Stelle C, deren Siedepunkt nur noch 120,8° C. beträgt. Daher muß sich dieses Wasser hier sofort in Dampf verwandeln und teilt diese Eigenschaft infolge der entstehenden Druckverminderung den übrigen Teilen der Wassersäule mit. Auf solche Weise ist die Intermittenz des Geisers leicht erklärlich, denn es ist nach jedem neuen Ausbruch notwendig, daß das wieder frisch zugeströmte und das die ausgeworfene Menge ersetzende Wasser wieder bis zu den erforderlichen Temperaturen erwärmt wird, und daß die Spannung der bei F einströmenden Dämpfe wieder groß genug geworden ist, um in der Wassersäule Aufwallungen von 2 m Höhe zu veranlassen.

Beobachtungspunkte	Tiefe	Beobachtete Temperatur	Temperatur, die notwendig wäre, um das Wasser zum Sieden zu bringen
A	3,30 m	85,5°	107°
B	8,10 „	110°	116°
C	11,— „	—	120,8°
D	13,— „	121,8°	123,8°
E	18,— „	124°	130°
F	22,50 „	126°	135°

Die oben gegebene Erklärung des Geiserphänomens ist durch Untersuchungen, die Bunsen an Ort und Stelle vornahm, bestätigt worden (Aus Haas, Quellenkunde, Verlag von J. J. Weber, Leipzig).

Die Geiser setzen Kiesel- oder Kalksinter, auch Eisenoxyd ab, wodurch eine Art von Ringwall um den Geiser

herum gebildet wird. Die Geiser sind hauptsächlich an drei Stellen unserer Erde bekannt, auf Island, auf der nördlichen Insel Neuseelands und im Yellowstone in Nordamerika. Auf ersterem Gebiete kennt man etwa 200, auf dem zweiten an 500, und an 1000 Quellen, darunter die großartigsten der Erde, auf dem dritten.

Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche.

Große Komplexe unseres Erdballs haben im Verlaufe der geologischen Perioden bald Hebungen, bald Senkungen erlitten, da ja die Oberflächengestaltung unseres Planeten einem ständigen Wechsel unterworfen ist. Diese Wandlungen gehen zumeist langsam vor sich und haben bisweilen Aeonen zu ihrer Vollendung gebraucht, wie die Erdgeschichte beweist. (Vergl. die folgenden Abschnitte über die Sedimentärbildungen.)

Aehnliche Erscheinungen aus den jüngsten Entwickelungsphasen unserer Erde und aus der Gegenwart bezeugen die auf höheren Stellen des Landes vorhandenen Meeresablagerungen, die Strandlinien, sowie die Terrassen, welche folgendermaßen entstanden sind, resp. noch entstehen: Wenn das Meer längere Zeit an Felsen brandet, so wäscht es auf denselben horizontale Furchen aus. Diese Erscheinungen, die heutzutage oftmals an gehobenen Orten des Landes zu beobachten sind, finden sich meist nicht parallel dem Meeresspiegel, sondern bisweilen ganz ungleichmäßigerweise, woraus man dann auf ungleichmäßige Hebung geschlossen hat. Solche Strandlinien mit Geröllen kann man in Chile bis zu einer Höhe von 450 m, in Norwegen, in Neuseeland und noch an vielen anderen Punkten unserer Erde beobachten. Ein und dasselbe Land zeigt vielmals an verschiedenen Stellen Hebungs- und Senkungserscheinungen. So soll sich der Norden Skandinaviens heben, während im südlichen Schonen Senkungsphänomene beobachtet werden.

Derartige Hebungs- und Senkungsphänomene werden als säkulare bezeichnet, im Gegensatz zu den instantanen,

welche vielleicht gar nicht im großen vorkommen. Dieselben stehen meist in sehr innigem Zusammenhang mit vulkanischen Eruptionen oder mit Erdbeben.

Die Frage, ob alle Senkungen und Hebungen unserer Erdoberfläche auf den Vulkanismus im engeren und weiteren Sinne zurückzuführen seien, oder nicht, ist zur Zeit wieder brennend geworden, indem eine schon früher einmal aufgetauchte Anschauung in den Vordergrund getreten ist, nach welcher nicht eine Unbeständigkeit der Lithosphäre selbst, sondern ein Schwanken des Meeresspiegels die Ursache dieser Veränderungen in der Oberflächengestaltung der Erde wäre.

Die Bildung der Gebirge.

Der Grund und die Ursachen der Gebirgsbildung sind in der Abkühlung des Erdinnern zu suchen, und in dem Bestreben der festen Erdrinde, sich dem infolge seiner Abkühlung sich verkleinernden und sich zusammenziehenden Erdkern anzupassen. Die Erdrinde wird zu groß für den Erdkern, und in ihrem Bestreben, sich diesem anzuschmiegen, wird sie sich, dem Gesetze der Schwerkraft folgend, an einzelnen Stellen zusammenfalten und zusammenrunzeln, wie etwa die Haut eines austrocknenden Apfels für denselben allmählich zu groß und dem schwindenden Fleische nachzusinken bestrebt ist und infolgedessen sich runzelt. Die vertikal wirkende Schwerkraft äußert sich demnach in einem solchen horizontalen Zusammenschube, welcher zur Herausbildung eines Faltengebirges Veranlassung giebt. Nicht immer aber findet eine derartige Faltung der Erdrinde statt. Bei dem Zusammenschube der Erdkruste entstehen Spannungen, welche die Ursache der Entstehung von Rissen und Spalten sind, die die Erdfeste nach den verschiedensten Richtungen hin durchsetzen und dieselbe in größere und kleinere Schollen zerlegen, so daß es nicht zur eigentlichen Faltung kommen kann. Wenn nun die eine Scholle gegenüber ihren benach-

barten ihr Niveau verändert, also z. B. hinabsinkt, so entsteht ein Bruch. Diejenigen Schollen, die das ursprüngliche Niveau beibehalten haben, ragen nun über die abgesunkene Scholle empor, und längs der Bruchlinie entsteht dann ein Bruchgebirge. Neben Falten- und Bruchgebirgen haben wir dann noch die vulkanischen Gebirge (Vulkane oder Vulkangruppen) zu unterscheiden, die wir ja schon bezüglich ihrer Entstehung im vorhergehenden betrachtet haben.

Die Bruchgebirge können entweder nur an der einen Seite der im Niveau gebliebenen Scholle zum Ausdruck kommen, und zwar als einseitiges Bruchgebirge, oder auch beiderseitig an derselben, indem auch auf der andern Seite der stehengebliebenen Scholle ein Bruch erfolgt. Im letzteren Falle nennt man die im ursprünglichen Niveau befindliche Scholle einen Horst uud das Gebirge ein Horstgebirge. Sinkt zwischen zwei Horsten wiederum eine Scholle in die Tiefe, so entsteht eine Grabenversenkung. Ein schönes Beispiel hierfür ist das obere Rheinthal; hier stellen Schwarzwald und Vogesen die Horste dar und das Rheinthal die Grabenversenkung. Auf der westlichen Abdachung der Vogesen und auf der östlichen des Schwarzwaldes verlaufen eine Reihe treppenförmig angeordneter Brüche, sogenannte Staffelbrüche.

Die Faltengebirge teilen wir wiederum ein in

a) Massige und in

b) Kettengebirge,

eine jedoch nicht streng durchführbare Unterscheidung, da schließlich alle Faltengebirge Kettengebirge sind und bei den ersteren, die meist viel älter sind als die Kettengebirge, der Charakter der Kettengebirge infolge der Denudation im Laufe der Zeiten verwischt worden ist. Als Beispiel für ein typisches Kettengebirge sei hier das Juragebirge angeführt. Dasselbe ist etwa 320 km lang und besteht aus einer Reihe von etwa 10—12 Ketten, die parallel nebeneinander herlaufen und aus einer größeren Anzahl Falten, etwa 160, zusammengesetzt sind. Das nebenstehende Profil durch

den westlichen Jura (Fig. 22) wird das besser als Worte erläutern. Die Alpen (Fig. 23) stellen ein komplizierter gebautes Kettengebirge dar, bei dessen Bildung die faltende Kraft intensiver gewirkt haben muß, als wie z. B. bei der Bildung des Juragebirges, was aus dem Umstande hervorgeht, daß die Faltenbildung im Alpengebirge eine viel größere ist und auch zugleich viel tiefer liegende Schichten, die sogen. krystallinischen Schiefer, mit in Betracht gezogen worden sind, was im Juragebirge nicht der Fall ist.



Fig. 22. Faltengebirge. Profil durch den westlichen Jura. Nach Choffat und Heim.
a Trias; b Jura; c Kreide.

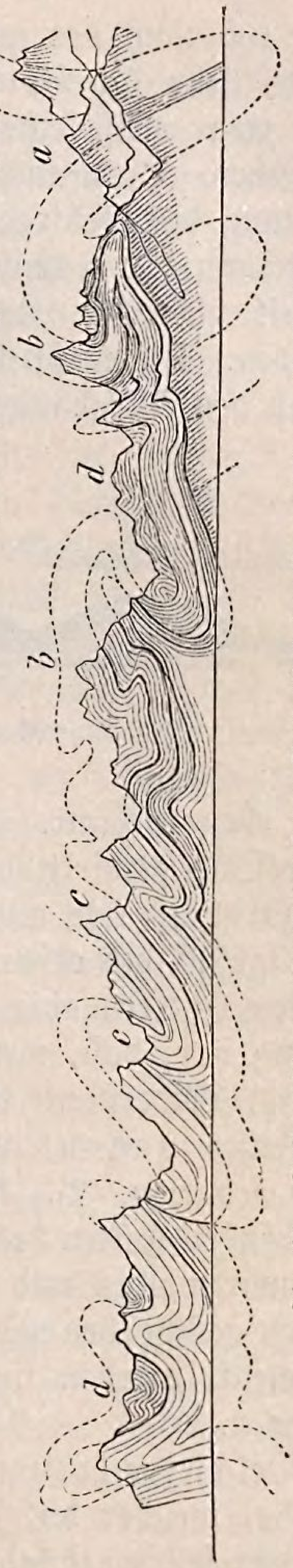


Fig. 23. Faltengebirge. Profil durch den Nordabfall der Zentralalpen. Nach Heim.
a Gneis, krystallinische Schiefer &c.; b Jura; c Kreide; d Eocän.

Der Bau der Faltengebirge ist nicht immer ein regelmäßiger, wir finden meist, daß derselbe insofern ein einseitiger ist, als die Falten nach der Seite hin, von welcher die stauende Kraft kam, stets höher und steiler zu sein pflegen

und sich nach der andern Seite hin allmählich verflachen, wobei sehr oft Sprünge und Verwerfungen im Gebirge, und zwar meist senkrecht zu der Streichrichtung der Falten, entstehen. Doch auch Verwerfungen parallel der Streichrichtung des Gebirges sind nicht selten. Bezüglich der Erläuterung der technischen Ausdrücke muß hier auf den Abschnitt über die Lagerungsformen der Gesteine verwiesen werden. Die nachstehende Abbildung (Fig. 24), ein Profil durch das Alleghanigebirge in Nordamerika, veranschaulicht

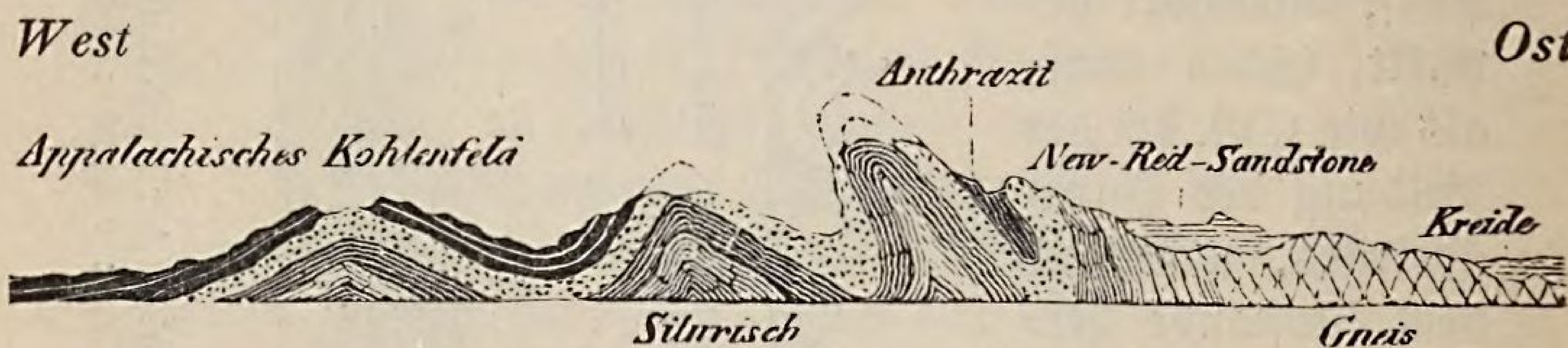


Fig. 24. Idealer Querschnitt des Alleghanigebirges.

das eben Gesagte. So hat hier wohl die stauende Kraft ostwestlich gewirkt, bei den Alpen und dem Jura dagegen südnördlich, wie aus dem Umstande hervorgeht, daß der Steilabfall des ersteren Gebirges nach Osten, derjenige der beiden letzteren aber nach Süden zu liegt. Es kommt sehr häufig vor, daß, wenn solche Falten bei ihrer Bildung auf ältere, Widerstand leistende Gebirgsmassen treffen, sie an denselben gestaut werden und zum Ausweichen genötigt sind, wie z. B. die eine nordöstliche Streichrichtung besitzenden Falten des Juragebirges sich an den Horsten des Schwarzwaldes und der Vogesen gestaut haben, denselben haben ausweichen müssen, von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt worden sind und eine westöstliche Richtung annahmen.

Bei diesem horizontalen und eben geschilderten Zusammenschube, welcher die Bildung von Gebirgen zur Folge hat, werden selbstverständlich, wie schon oben angedeutet wurde, an den Stellen der größten Spannung Spalten und Klüfte entstehen, mit welchen allerlei vulkanische und

andere Erscheinungen in Verbindung stehen können, so z. B. Erdbeben, Austritt vulkanischer Gesteinsmassen, Bildung von Erzgängen &c. Es liegt auf der Hand, daß die eigentliche Gestaltung der Gebirge, so wie sie uns heutzutage vorliegt, nicht allein der gebirgsbildenden Kraft, sondern auch der erodierenden Thätigkeit des Wassers (siehe den Abschnitt über die mechanische Thätigkeit des Wassers) zuzuschreiben ist.

Unter Massivs verstehen wir ältere Faltengebirge, bei welchen die Denudation und Verwitterung schon so weit fortgeschritten ist, daß die älteren Teile des Gebirges und die diese durchsetzenden Eruptivgesteine bloßgelegt worden sind. Die über der Erdoberfläche befindlichen Teile der Falten sind wegrasiert worden, teils durch die Verwitterung und die Denudation, teils durch die Brandungswogen, während der Niveauveränderungen, welchen diese Faltenteile ausgesetzt waren. Dadurch wurden oft förmliche Plateauflächen geschaffen, wie z. B. die böhmische Hochebene und das rheinische Schiefergebirge, dessen einer Teil hier im Profil gesehen abgebildet ist (Fig. 25). Man sieht die unter der Erdoberfläche noch vorhandenen Falten, während der obere, über derselben befindliche Teil des Faltengebirges abrasiert worden ist und ein ursprüngliches Faltengebirge kaum mehr erkennen läßt.

Die Möglichkeit der Faltung von Gesteinsschichten hat Heim dadurch zu erklären versucht, daß Gesteine unter hohem Drucke, der ja bei solchem horizontalen Zusammenschube selbstverständlich vorhanden sein muß, gewissermaßen wieder plastisch werden, eine Eigenschaft, die den Gesteinen so lange innewohnt, als ein allseitig gleichmäßiger Druck auf ihre Teilchen wirkt. Nach den Meinungen anderer Forscher ist die Annahme einer solchen latenten Plastizität der Gesteine durchaus nicht nötig, um die Möglichkeit der Faltenbildung bei dem so spröden Gesteinsmaterial zu erklären. Es genügt nach denselben, dabei eine Umformung der Gesteine durch Bruch anzunehmen, eine fortgesetzte innere Zertrümmerung der Gesteine, eine gegenseitige Ver-

schiebung ihrer kleinsten Teile und eine Wiederverkittung derselben. Auch der sogenannte *Regionalmetamorphismus* (siehe den Abschnitt über die Entstehung der Gesteine) ist wohl eine durch die gebirgsbildende Kraft hervorgebrachte Erscheinung, wie zum Teil durch Experimente nachgewiesen worden ist.

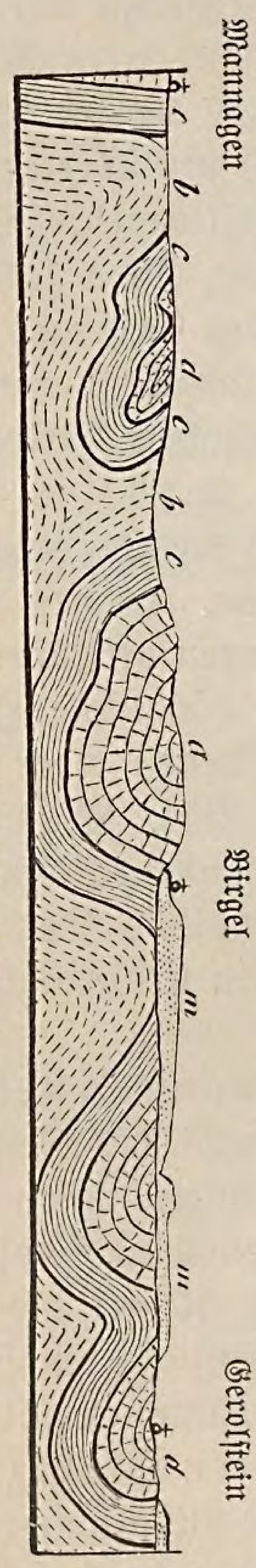


Fig. 25. Profil durch die Eifel.
b Unterdevonische Grauwacke; c Schiefer und Sandstein; d Eifeler Kalk; m Bunter Sandstein.

Die Entstehung der Kontinente, d. h. die Gestaltung der Massen des Festlandes fällt vor die Zeit, in welcher die Gebirge entstanden sind. Durch die Tendenz der festen Erdrinde, sich ihrem Kerne anzuschmiegen, sank dieselbe stellenweise ein, und in den dadurch entstandenen Vertiefungen sammelte sich das Wasser an; es entstanden die *Meeresbecken*. Zwischen diesen sinkenden Stücken der Erdkruste wurden andere in die Höhe gepreßt, die *Kontinente*, welche im Durchschnitte flache Gewölbe darstellen. Die Kontinente zeigen nun ebenfalls die Neigung nachzusinken, erleiden daher eine starke Pressung und werden an ihren schwächsten Punkten, und diese sind eben die durch die Brüche schon geschwächten Ränder, am ersten nachgeben, daher an denselben eine Stauung erleiden, welche zur Bildung von Faltengebirgen führt. Daher kommt es, daß solche Faltengebirge meist längs der Kontinentalränder verlaufen, daß auch die meisten Vulkane in der Nachbarschaft der Meere und an den Rändern der Kontinente sich finden; auf den infolge der Bruchlinien entstandenen Spalten konnten solche sich bilden. Auch die Erdbeben treten an den Kontinentalrändern häufiger auf als an anderen Orten.

Erdbeben

sind mehr oder minder heftige Erschütterungen des Erdbodens, deren Ursache in der Tiefe, unterhalb der Erdoberfläche, sich befindet. Die Erschütterungen sind mehr oder minder stark, oftmals von großen Verwüstungen begleitet.

Verschiedene Arten der Erschütterungen.

Man unterscheidet dreierlei Arten von Bewegung bei den Erdbeben:

1. die stoßförmigen Bewegungen, Stöße von unten nach oben, oftmals von starken Zerstörungen begleitet, auch succussorische Bewegung genannt;

2. die wellenförmige oder undulatorische Bewegung, Auf- und Abgehen des Bodens;

3. die wirbelförmige oder rotatorische Bewegung, eine kreis- oder wirbelförmige Bewegung des Erdbodens. Diese dritte Art von Bewegung wird nur selten beobachtet und geht wohl nur aus dem Zusammentreffen mehrerer stark wellenförmiger Bewegungen hervor.

Die Wirkungen der Erdbeben sind manchmal ganz entsetzliche. Während die meisten Erdbeben kaum von verderblichen Wirkungen begleitet sind, giebt es solche, die ganze Landstriche zu Grunde gerichtet, ganze Städte zerstört und Tausende von Menschen getötet haben, wie z. B. das Erdbeben von Lissabon 1755, mehrere Erdbeben an der Westküste Südamerikas 2c.

Die direkte Wirkung der Erdbeben äußert sich in der Entstehung von Spalten, in einem wiederholten Oeffnen und Schließen derselben, in dem plötzlichen Auftreten von tiefen, kreisrunden Löchern, in der Hebung und Senkung beschränkter Gebiete, in der Erregung starker Wasserwellen 2c. Letztere entstehen durch gleichzeitige Erschütterung des Meeresgrundes. Die Erdbeben werden oftmals von verschiedenen Nebenumständen begleitet: Donner, Schlammausbrüche, Wasserergüsse, Dampfströme, Versiegen oder Stärkerfließen von Quellen 2c.

Die Dauer der einzelnen Bewegungen bei einem Erdbeben ist nur eine sehr kurze, doch ist die Zahl der Wiederholungen derselben oftmals eine außerordentlich große. In manchen Fällen finden im Laufe von wenigen Minuten nur einige kurze, aber oftmals desto verderbenbringendere Stöße statt, während in anderen Fällen wiederum das Erdbeben Wochen und Monate lang anhalten kann.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen hängt ab von der Stärke des Stoßes und von der Beschaffenheit des Erdbodens, und zwar von der Gesteinsbeschaffenheit und von der Beschaffenheit des Niveaus. Die Geschwindigkeit im nassen Sande ist z. B. eine geringere als im Granit. Oftmals sind Gebirge ein Hindernis für die Fortpflanzung eines Erdbebens, während es dagegen Flüsse und Meeresteile durchschreitet. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Erdbebenwelle beträgt 4—5 geographische Meilen in der Minute, im Meere 30—40 Seemeilen (60 auf einen Grad).

Die Tiefe, in welcher die das Erdbeben veranlassende Bewegung stattfindet, läßt sich aus der Zeit, in welcher diese Bewegung an einzelnen, verschieden gelegenen Orten wahrgenommen wird, und aus der Stoßrichtung in der Nähe des Zentralpunktes bestimmen. Sie beträgt etwa 2—4 Meilen.

Die Stärke der Zerstörung wird selbstverständlich auch von der Beschaffenheit des Untergrundes und von der Richtung, in welcher der Stoß trifft, abhängen. Am heftigsten ist die Zerstörung da, wo lockerer Boden auf festem Untergrunde aufliegt, am schwächsten da, wo die Erdoberfläche von dicken Schichten solchen lockeren Bodens bedeckt wird (norddeutsches Diluvium), oder wo dieselbe aus sehr festen krystallinischen Gesteinen besteht (Norwegen).

Man kann die Erdbeben in drei Kategorien einteilen, und zwar:

1. in die sogenannten Einsturzerdbeben, die durch das Einstürzen von Hohlräumen im Innern der Erde be-

wirkt werden und nicht als mit dem Vulkanismus in Verbindung stehende Erscheinungen aufzufassen sind, sondern auf durch das Wasser bewirkte Auslaugungsvorgänge zurückgeführt werden müssen. Sodann

2. in die vulkanischen Erdbeben, welche das Resultat der vulkanischen Kraftäußerung im engeren Sinne sind.

Dieselben werden hervorgerufen durch die im überhitzten magmatischen Erdinnern gefesselten und einen Ausweg suchenden Liquida (Hörnes). Die Erfahrung zeigt, daß heftigere vulkanische Ausbrüche stets durch solche Erderschütterungen eingeleitet werden und daß dieselben während der Eruption andauern und dann erst allmählich abnehmen, wenn diese letztere mit dem Ausfließen der Laven ihren Höhepunkt erreicht hat, aber auch dann nicht immer aufhören, sondern selbst nach dem Ende des Ausbruches noch bemerkbar sind. So wurden z. B. verschiedene Eruptionen des Vesuvs durch heftige Erderschütterungen angekündigt, und ähnliche Erscheinungen kennt man auch vielfach aus den andere Vulkane umgebenden Gebieten. Auch die Erdbeben, welche zu Anfang der achtziger Jahre unseres Säculums die Insel Ischia in so verheerender Weise heimgesucht haben, sind zu den vulkanischen Erdbeben zu stellen.

3. Die dritte Abteilung von Erdbeben bezeichnet man als Dislokationserdbeben. Dieselben müssen als die Folgen der Auslösungen von Spannungserscheinungen aufgefaßt werden, welche durch die Erkaltung und Zusammenziehung der Erdfeste entstanden sind, sie sind also mit anderen Worten unmittelbare Folgewirkungen von Bewegungen, die in der schon mehr oder weniger starren Rinde unseres Planeten stattfinden. Man unterscheidet hier folgende Dinge:

a) Diejenigen Dislokationserdbeben, welche aus tangentialen Spannungen resultieren. Diese auf quer zum Streichen der Falten (s. 8. Abschnitt) verlaufenden Dislokationslinien (Stoß- oder Schütterlinien) vorkommenden Erdbeben nennt man transversale Erdbeben oder

Blattbeben, nach einem Ausdruck von Sueß, der solche Verschiebungsflächen nach einem dem Bergbau der Alpen entlehnten Ausdruck mit dem Namen Blätter belegt hat (Erdbeben von Belluno 1873). Eine andere Art von Bruchlinien läuft dagegen parallel mit den Gebirgsfalten, parallel diesen bilden sich also Bruchflächen, auf denen Ueberschiebungen stattfinden (s. 8. Abschnitt), die sogenannten Wechsel oder Schlächten. Erdbeben, die auf solchen Schütterlinien erzeugt werden, führen die Bezeichnung longitudinale Wechselerdbeben (auch Vorschuberdbeben). Ihre Achsen liegen in der Streichrichtung des Gebirges (Erdbeben von Klana, österreichisches Küstenland, 27. Februar bis 8. Juli 1870).

b) Erderschütterungen, die das Produkt vertikaler Bewegungserscheinungen in unserer Erdrinde (Senkung) sind. Bei Erdbewegungen dieser Art ist es schwer festzustellen, wo die Grenze zwischen den obenerwähnten vulkanischen Erdbeben und den Dislokationserdbeben liegt.

Als Relaisbeben faßt man diejenigen Erdbebenphänomene zusammen, die dann hervorgebracht werden, wenn in einem Gebiet eine Erderschütterung stattfindet und alsdann in benachbarten, aber außerhalb dieses Hauptgebietes liegenden Arealen durch Auslösung hier vorhandener Spannungen weitere Erdbeben veranlaßt. Die Relaisbeben sind also gewissermaßen unselbständige Erdbeben. Ein Beispiel hierfür ist das Erdbeben von Villach (4. Dezember 1890), das sich nach der Mürzlinie fortpflanzte und den Stephansturm in Wien beschädigte.

Seebeben sind Erschütterungen stoßartiger Natur auf offener See, wohl die Folge ähnlicher Bewegungen des Meeresgrundes, wie diejenigen, welche auf den Kontinenten die Erdbeben verursachen.

Man hat die Erklärung für die Entstehung der Erdbeben ferner in außerirdischen Ursachen gesucht und angenommen, das feurig-flüssige Erdinnere sei, ähnlich wie das Meereswasser, einer durch die Anziehung des Mondes bewirkten

Ebbe und Flut unterworfen. Bei dieser Erklärungsweise hat man sich auf die Verteilung der Erdbeben der Zeit nach gestützt.

Die Ursachen des Vulkanismus.

Das allmähliche Wachsen der Temperatur, je mehr wir in die Tiefen der Erde hinabsteigen, die Beweglichkeit der einzelnen Teile der festen Erdkruste, welche sich in den Erdbeben, in den Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche kundgiebt, alle diese Erscheinungen beweisen uns auf das beste, daß in noch unbekannten Tiefen unserer Erde die feste Erdkruste in einen immer mehr glutflüssigen Zustand übergeht. Die erst von Cartesius aufgestellte und nach ihm von Kant-Laplace weiter ausgebaute und begründete Hypothese von der Entstehung unseres Planetensystems lehrt uns, daß unsere Erde ein erloschenes Gestirn ist und nach und nach immer mehr erkaltet. Aus obigen Ursachen wurde die Entstehung der Gebirge abgeleitet und wir wissen, daß die Oceane als die Folge einer Depression der Erdrinde, bewirkt durch das Einsinken einzelner Schollen der festen Erdkruste nach dem Erdinnern zu, in welcher sich das Wasser angesammelt hat, aufzufassen sind; daß die Kontinente hingegen die zwischen diesen eingesunkenen Stücken emporgepreßten Teile darstellen; daß infolge ebenfalls schon erwähnter Umstände eine Faltung dieser Kontinente stattfand, und daß diese Faltung an den nachgiebigsten und schwächsten Punkten derselben, also an den Kontinentalrändern, mit größter Gewalt vor sich gegangen ist. An diesen Stellen werden sich infolge der Sprödigkeit des Gesteinsmaterials am leichtesten Sprünge und Brüche bilden können, und auf diesen und durch diese Spalten, Sprünge und Brüche wird das Gesteinsmagma zu Tage treten, Vulkane werden entstehen und alle die eben geschilderten, mit dem Vulkanismus in inniger Verbindung stehenden Erscheinungen werden daselbst am besten vor sich gehen können. Aus diesem Grunde treten dieselben auch an den Rändern der Kontinente am

häufigsten auf, ja gewisse derselben sind geradezu auf diese beschränkt. Das hier folgende Bild (Fig. 26) stellt einen idealen Durchschnitt durch einen Teil der festen Erdkruste

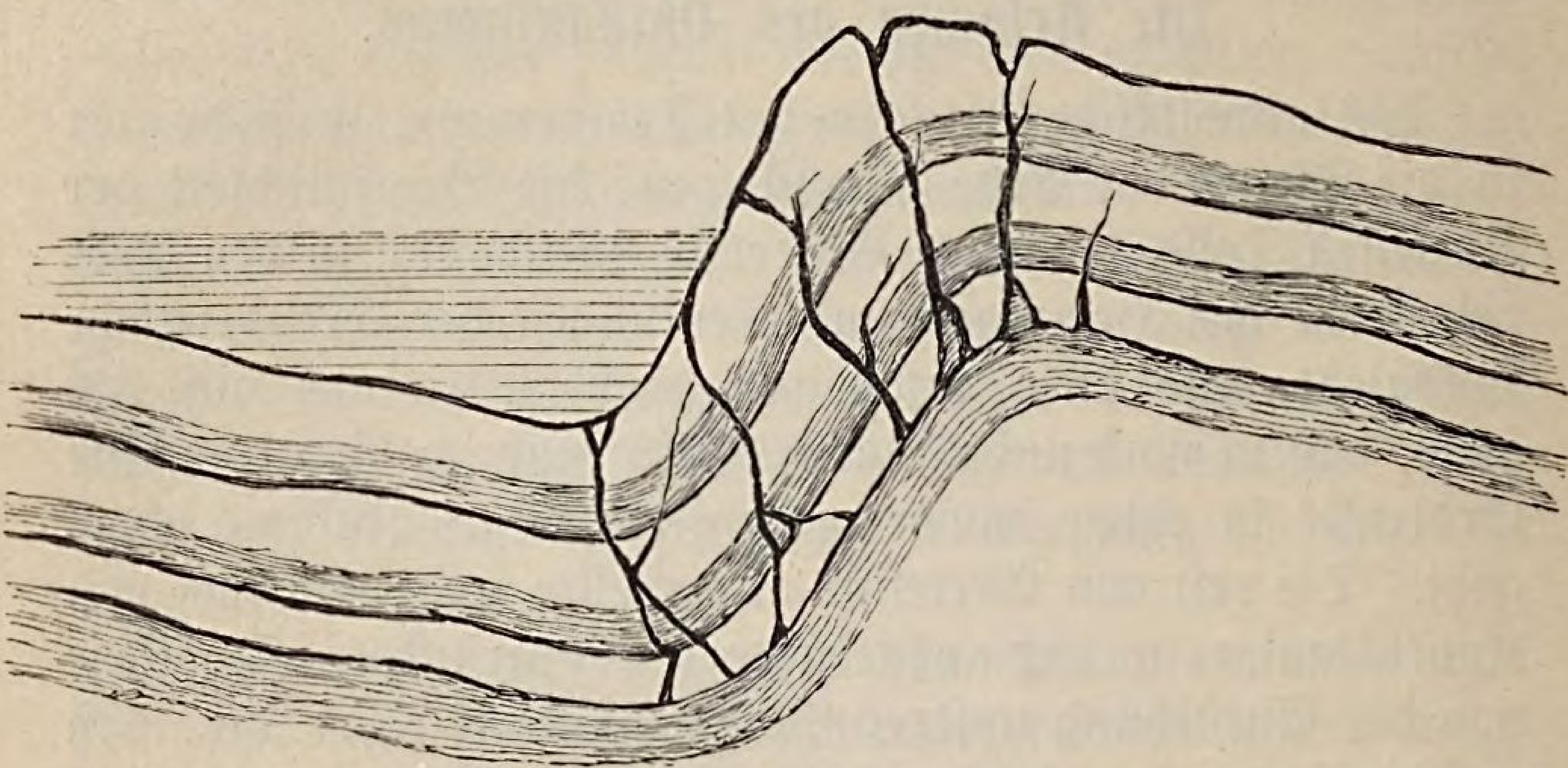


Fig. 26. Idealer Durchschnitt durch einen Teil der festen Erdkruste.

dar und soll zur Erläuterung des eben Gesagten dienen. Es ist dem hübschen Werkchen Vélains über die Vulkane entnommen.

Vierter Abschnitt.

Die geologischen Wirkungen des Wassers und des Eises.

Die geologischen Wirkungen des Wassers.

Die wichtigsten geologischen Wirkungen des Wassers bestehen in der chemischen oder in der mechanischen Zerstörung von Gesteinen und der Wiederablagerung des losgelösten Materials an anderer Stelle und in anderer Form. Diese Zerstörungen und Wiederablagerungen erfolgen unausgesetzt an sehr vielen Stellen der Erde, teils durch

chemische, teils durch mechanische Thätigkeit des Wassers, das besonders, wenn es mit Kohlensäure geschwängert ist, in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, viele Substanzen aufzulösen. Das Wasser befindet sich bekanntlich in stetigem Kreislauf auf der Erde.

Die durch das Wasser löslichen Substanzen sind — in sehr kleinen Mengen zwar nur — die meisten bekannten, in stärkerem Grade vorzugsweise verschiedene Salze, wie Chlornatrium (Kochsalz), schwefelsaurer Kalk (Anhydrit, Gips), Alaun, kohlensaures Kali oder Natrium, kohlensaurer Kalk ꝛc.

Der unausgesetzte Kreislauf des Wassers geschieht dadurch, daß die atmosphärischen Niederschläge zum Teil in den Boden eindringen und die Quellen speisen, zum Teil aber an der Oberfläche ablaufen. Das Wasser der Quellen vereinigt sich mit dem oberflächlich abgelaufenen zu Flüssen, diese strömen in Landseen und in das Meer hinein; von hier verdunstet das Wasser wieder, bildet Wolken und gelangt in der Form atmosphärischer Niederschläge zum Teil auf die Landoberfläche zurück.

Die Gesamtoberfläche der Kontinente auf unserer Erde beträgt 145 Millionen Quadratkilometer. Etwa 122 500 Kubikkilometer Wasser in der Gestalt der verschiedensten atmosphärischen Niederschläge fallen im Verlaufe eines Jahres darauf nieder, aber nur ungefähr 27 200 Kubikkilometer derselben fließen den Ozeanen zu, das Verhältnis dieser letzteren Menge zum Gesamtwerte der kontinentalen Niederschläge ist demnach = 1 : 4,499. Der größere Teil der atmosphärischen Niederschläge, 95 300 Kubikkilometer, ist an die Wechselreise zwischen dem Festland und der Atmosphäre gebannt.

Entstehung der Quellen.

Die Quellen entstehen dadurch, daß das Wasser der atmosphärischen Niederschläge, Regen ꝛc., so tief in den Erdboden eindringt, als es die lokalen Umstände erlauben,

und dann gesammelt an einzelnen Stellen in Form von Quellen wieder ausfließt.

Die geologischen Wirkungen der Quellen

bestehen darin, daß das Wasser auf seinem unterirdischen Wege gewisse Bestandteile der Gesteine in kleinen Mengen, aber unausgesetzt, zum Teil unter Vermittelung von Kohlensäure, auflöst und dieselben in den Quellen zu Tage führt. Hier lagern diese Materialien sich entweder sogleich wieder ab, oder dieselben werden durch die Flüsse den Landseen und den Meeren zugeführt. An den Quellen werden dieselben zum Teil schon wieder abgesetzt, weil die Kohlensäure, welche die Auflösung vermittelte, wieder entweicht, auch wegen der Verdunstung und Abkühlung des vorher im Erdinnern etwas erwärmten Wassers. Diese Quellenablagerungen bestehen aus Bildungen von Kalktuff, von Eisenoxydhydrat, Kieseltuff 2c.; sie nehmen aber meistens keinen großen Flächenraum ein.

Die geologischen Wirkungen der Bäche und Flüsse.

Die Wasserläufe reißen da, wo ihr Gefälle sehr stark ist, besonders bei ungewöhnlichen Anschwellungen, durch mechanische Kraft Teile ihrer Ufer und Betten mit sich fort, runden die festeren Teile zu Geschieben ab, zermalmen die lockeren zu Sand und Schlamm und lagern alles das an Orten, woselbst ihr Gefälle geringer ist, in Landseen oder in Meeren, besonders aber vor ihrer Einmündung, wieder ab.

Die Hauptresultate ihrer Thätigkeit sind demnach folgende: Austiefung der Flußbetten oder Thäler in Gebirgsgegenden, Erhöhung derselben in Niederungen, Ausfüllung von Landseen, Deltabildungen vor den Flußmündungen und Ablagerungen auf dem Meeresboden.

Die Materialien dieser Bildungen bestehen aus Geschieben, aus denen Konglomerate werden können; aus Sandablagerungen, die zu Sandsteinen werden können; aus

Ablagerungen von Thon, Mergel oder auch Kalkschlamm, aus denen feste Schichten von Thon, Schieferthon, Thonschiefer, Mergel, Mergelschiefer und Kalkstein werden können. Außerdem werden auch Pflanzen- und Tierreste vom Wasser fort- und angeschwemmt, aus denen unter gewissen Umständen Kohlenlager &c. gebildet werden können.

Die Mächtigkeit dieser Bildungen ist eine viel größere als diejenige der durch die Quellen hervorgebrachten, und sie bilden zum Teil sehr ausgedehnte Ablagerungen. So kennt man Deltabildungen, welche in historischer Zeit sich um Hunderte von Quadratmeilen auf Kosten des Meeres vergrößert haben, und wiederum sind zahlreiche Stellen auf dem Lande bekannt, woselbst früher Landseen vorhanden waren, die nach und nach ganz ausgetrocknet worden sind.

Die geologischen Wirkungen des Meeres.

Die geologischen Wirkungen des Meeres bestehen hauptsächlich in der Wiederablagerung aller derjenigen Substanzen, welche die Flüsse im aufgelösten Zustande oder durch mechanische Kraft in dasselbe einführen. Aber auch Zerstörungen bringt das Meer hervor, denn es nagt überall an seinen Ufern und reißt, je nach der Natur derselben, mehr oder weniger feste Teile davon los, die nachher irgendwo, wie die durch die Flüsse angeschwemmten Materialien, wieder zur Ablagerung gelangen. Diese zerstörende Einwirkung des Meerwassers auf die Küstengesteine bezeichnet man als Abrasion. Die Tierwelt der Ozeane hilft bei diesem Vorgang wesentlich; Bohrmuscheln, bohrende Seeigel, Würmer, Bohrschwämme u. s. f. greifen die Gesteine an und unterstützen das Meerwasser bei deren Auflockerung. Auch die Wirkungen des Frostes sind in höheren Breiten nicht unwesentliche Helfer der Abrasion. Solche Ablagerungen des Meeres sind nur da, wo sie an Küsten erfolgen, deutlich zu beobachten; es finden aber notwendigerweise und, wie die neuesten Untersuchungen des Meeresbodens der Tiefsee ergeben haben, auch entfernt von

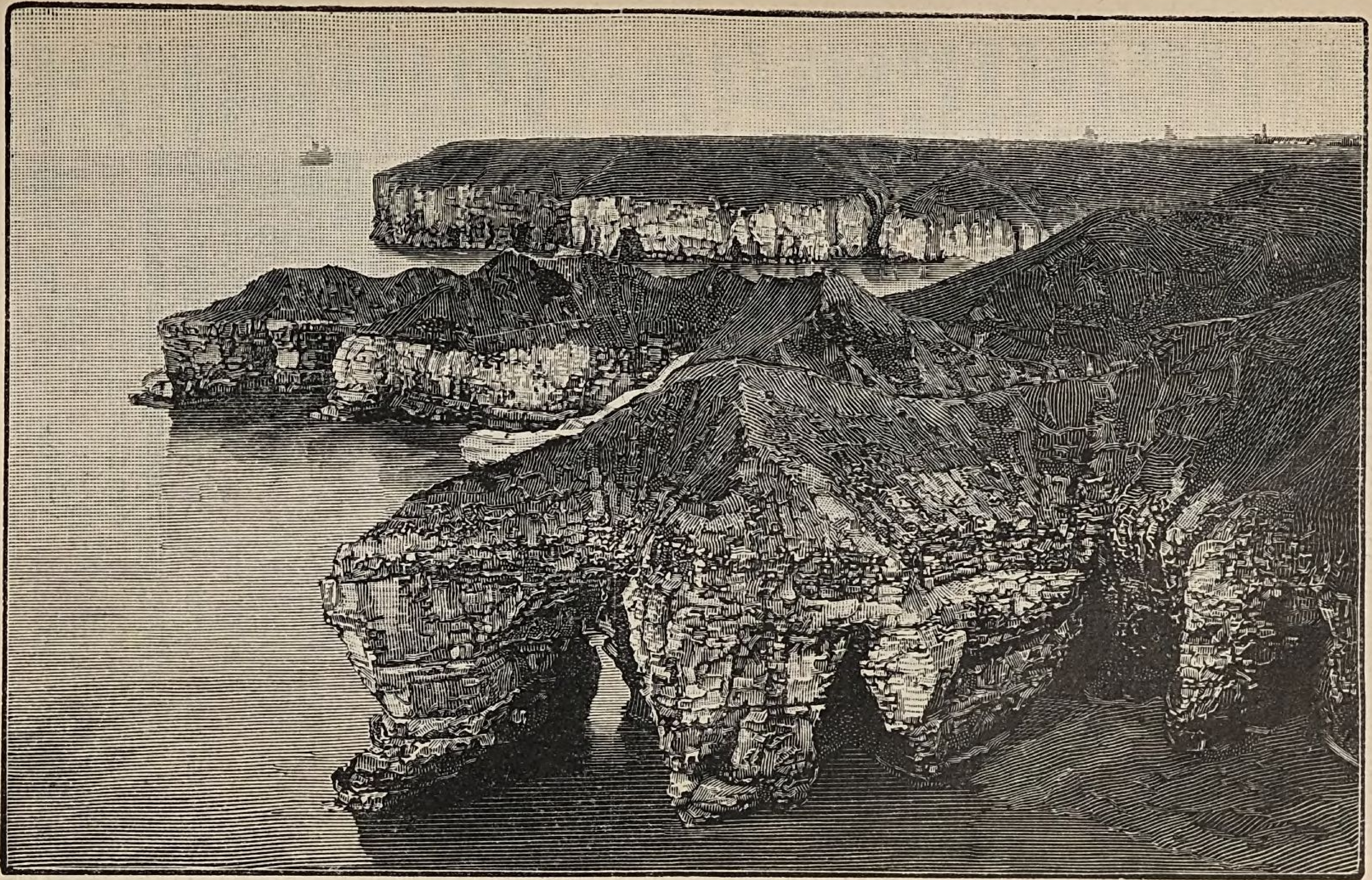


Fig. 27. Abrasionserscheinungen an der englischen Küste.

den Küsten solche Ablagerungen statt. Dieselben werden befördert durch Unterbrechung der Bewegung, durch Verdunstung, durch die Lebensthätigkeit vieler Meerestiere, sowie vielleicht auch noch durch unbekannte chemische Vorgänge.

Bestandteile der Meeresablagerungen.

Die mechanischen Bestandteile, welche das Meer absetzt, sind dieselben wie diejenigen der Flüsse; dazu kommen aber noch die chemischen Niederschläge von Salzen, die durch Tiere vermittelten Kalkablagerungen, die lokalen Anhäufungen von Meeres- oder eingeschwemmten Landpflanzen. Alle Substanzen, welche durch die Flüsse in das Meer eingeführt werden, gelangen in demselben auch wieder zur Ablagerung.

Die geologischen Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge.

Dieselben wirken, wenn auch meist nur in sehr geringem Grade, dafür aber überall und zu allen Zeiten, chemisch auflösend und mechanisch abschwemmend auf die Landoberfläche ein.

Das Hauptresultat aller geologischen Wirkungen des Wassers ist demnach ein fortwährender Nivellierungsprozeß. Es werden dadurch von den hervorragenden Regionen der festen Erdkruste Teile abgeschwemmt und in den Vertiefungen abgelagert.

Die geologischen Wirkungen des Eises.

Dieselben werden bewirkt durch das Treibeis und durch die Gletscher.

Die Gletscher.

Unter Gletschern versteht man Eismassen, die sich durch Druck und Temperatureinwirkungen aus dem Schnee bilden, welcher bekanntlich in hohen Gebirgen und den Polargegenden

auch während des Sommers nicht schmilzt, und die dann wie Eisströme oft bis weit unter die Schneegrenze in die Thäler der Gebirge hinabreichen.

Die geologische Wirkung der Gletscher

äußert sich darin, daß sie sich nach bestimmten Gesetzen, die noch nicht alle genau eruiert sind, bewegend, thalabwärts fließen, wenn auch nur sehr langsam, und daß sie dabei alle von den Thalgehängen darauf gefallenen Stein= und Schuttmassen beständig mit thalabwärts tragen. Dabei runden sie und schleifen sie den Felsboden der Thäler, in denen sie sich herabbewegen, ab, sodaß dessen Oberfläche nachher wie poliert und gekritzt oder geschrammt erscheint.

Die Moränen.

Moränen nennt man die eben erwähnten Stein= und Schuttmassen, welche der Gletscher mit sich thalabwärts bewegt. Man spricht von Oberflächenmoränen und von Grundmoränen.

Die Oberflächenmoränen teilt man je nach ihrer Lage ein in Seitenmoränen und Mittelmoränen. Fast jeder Gletscher weist Seitenmoränen, nicht aber alle weisen Mittelmoränen auf. Während nämlich die Seitenmoränen direkt durch das Herunterfallen von Gesteinsmassen von den Thalgehängen des Gletschers auf denselben entstehen, ist dies bei den Mittelmoränen nicht der Fall; dieselben werden nur dann gebildet, wenn zwei Gletscher sich vereinigen und zusammenfließen, und dann die linke Seitenmoräne des einen sich mit der rechten Seitenmoräne des andern vereinigt, woraus dann eine Mittelmoräne auf dem neuen Gletscher entsteht. Sehr viele Gletscher haben deren 2, 3, ja noch mehr, und es läßt sich demnach aus der Anzahl von Mittelmoränen erkennen, aus wie viel kleineren Gletschern, oder auch Gletschern zweiter Ordnung, auch einfache Gletscher genannt, ein solcher größerer Gletscher oder Gletscher erster Ordnung, auch zu=

sammengesetzter Gletscher, besteht. Da der Gletscher durch seine thalabwärts gerichtete Bewegung notwendigerweise eine Stelle erreichen muß, wo er abschmilzt, das Gletscherende, so setzt derselbe an dieser Stelle das Moränenmaterial ab, das nur zum Teil durch die Schmelzwasser der Gletscher weiter fortgeführt wird, und so entstehen denn meist am Gletscherende förmliche Schuttwälle, die gewissermaßen das untere Ende des Gletschers umsäumen und die man Endmoränen genannt hat. Solche Endmoränen finden wir oftmals heutzutage da noch vor, wo längst keine Gletscher mehr existieren, und es wird uns dadurch bewiesen, daß die Gletscher zum Teil früher eine größere Ausdehnung gehabt haben als in der heutigen Zeit.

Die Grundmoränen. Das Gletschereis stellt durchaus keine ebene Fläche dar; es ist im Gegenteil der Gletscher seiner ganzen Länge und Breite nach von einem System von größeren oder kleineren Spalten durchzogen. In diese Spalten geraten nun zum Teil Schuttmassen und Gesteinsstücke von den Moränen, und da diese Spalten oftmals die ganze Mächtigkeit des Gletschereises durchsetzen, so gelangen diese Gesteinsbrocken an die untere Seite des Gletschereises, dahin, wo das Gletschereis die Felsmasse, auf der es sich thalabwärts bewegt, berührt, auf das sogenannte Gletscherbett.

Neben diesen auf solche Weise auf das Gletscherbett geratenen Gesteinsbruchstücken kommen noch andere auf andere Art dahin, nämlich durch das Einschmelzen in das Eis. Man muß sich fast die ganze Oberfläche des Gletschers und nicht nur den von den Moränen eingenommenen Flächenraum mit größeren oder kleineren Gesteinsstückchen wie besäet denken. Dieselben schmelzen im Gletschereise ein und allmählich durch dasselbe hindurch, bis sie auf dem Gletscherbette angelangt sind. Zwischen dem Gletschereise und dem Gletscherbette existiert daher eine meist nur ziemlich dünne Schicht von Schlamm, Grus und größeren und kleineren Gesteinsbruchstücken, die Grundmoräne. Da

nun der Gletscher sich thalabwärts bewegt, so wird durch diese Bewegung und durch den von der darauf lastenden Eismasse bewirkten Druck diese Grundmoräne wie eine Feile auf den harten Felsboden, dem sie aufgelagert ist, auf das Gletscherbett, einwirken. Sie wird dasselbe ritzen und schrammen und zwar werden diese Ritzen und Schrammen stets in der Richtung auf dem Felsboden verlaufen, in welcher die Thalabwärtsbewegung des Gletschers erfolgt ist. Nach vielen Geologen und nach der Ansicht bedeutender Forscher soll nun diese Grundmoräne nicht nur auf diese Weise auf ihren Untergrund einwirken, sondern sie soll auch auf denselben in größerem Maßstabe erodierenden Einfluß bethätigen, sie soll gewissermaßen aufpflügen, Thäler und Fjorde gebildet haben 2c. Andere, nicht minder kompetente Gelehrte verneinen diese erodierende Wirkung der Gletscher nicht nur, sondern sie sind sogar der Ansicht, daß die Gletscher im Gegenteil geradezu konservierend auf ihren Untergrund einwirken. Für beide Ansichten giebt es Beweise und Gegenbeweise, und wenn einerseits gewissen Gletschern der Vorzeit und der Jetztzeit ein erodierender Einfluß auf ihren felsigen Untergrund nicht abgesprochen werden kann, so kennt man wiederum solche, deren Grundmoräne über aus weichem Materiale bestehenden Untergrund hinübergeschoben worden ist, ohne denselben im geringsten zu verletzen.

Die Bewegung der Gletscher.

Wie schon betont worden ist, konnten über die Bewegung der Gletscher in jeder Beziehung genaue Gesetze noch nicht aufgestellt werden. So viel ist aber gewiß, daß nämlich die Bewegung selbstverständlich in erster Linie von der mehr oder minder steilen Beschaffenheit des Gletscherbettes, von der Last des nachschiebenden Eises, von der mehr oder minder feuchten Temperatur der betreffenden Jahre und noch von einer Menge anderer Umstände abhängig ist, daß die Bewegungsgeschwindigkeit bei jedem Gletscher demnach im allgemeinen eine andere sein kann. Sie ist jedoch kon=



Fig. 28. Treibeis und Eisberge im Behringsmeer.

stant in der Mitte des Gletscherstromes größer als an seinen Rändern, was ältere und neuere Untersuchungen bewiesen haben; auch ist sie in allen Teilen des Gletschers durchaus nicht gleichmäßig; dieselbe wird z. B. am untern Ende des Gletschers manchmal kaum fühlbar, währeud sie in der Mitte der Gletscher sehr groß ist.

Inlandeis.

Unter der Bezeichnung Inlandeis versteht man Eismassen von großer Ausdehnung, die man in den Polarländern kennen gelernt hat und welche daselbst mächtige Gebiete vollständig bedecken, wie dies z. B. in gewissen Teilen Grönlands der Fall ist. Die Inlandeismassen dürften sich im allgemeinen auch wie die Gletscher bewegen; dieselben senden meist gletscherartige Ausläufer durch die Thäler bis ins Meer hinein, woselbst deren Eismassen eine Zeit lang noch auf dem Wasser weiter fortbewegt werden, bis sie endlich sich in Eisberge auflösen (kalben). Diese Eisberge (das Treibeis) werden von den südlich fließenden Strömungen erfaßt und von denselben in südlichere Breiten geführt (Fig. 28 S. 77). Eigentümlich ist der Umstand, daß die Inlandeismassen meist einer Oberflächenmoräne entbehren und solche nur in der Nähe der Nunnatakar, gewisser felsiger, über das Inlandeis zuweilen ragender Kuppen, aufweisen. Man hat gefunden, daß die Schmelzwasser einiger großer Gletscher Grönlands eine ungeheure Menge von Schlamm ins Meer führen, wogegen die Massen, welche z. B. die Aar ihren Gletschern entzieht, geradezu als ein Kinderspiel erscheinen, ein Umstand, der darauf schließen läßt, daß im Untergrunde des grönländischen Inlandeises eine starke Menge verwitterter Felsmassen vorhanden sein muß. Spielen die Inlandeismassen auch gegenwärtig keine so große Rolle, so hat man doch in vergangenen geologischen Epochen in den Ablagerungen der Diluvialzeit großartige Wirkungen ehemaliger Inlandeismassen erkannt.

Fünfter Abschnitt.

Die geologische Thätigkeit der Winde.

Die geologische Thätigkeit der Winde ist eine sehr mannigfache. So wird oftmals lockeres vulkanisches Auswurfsmaterial bei vulkanischen Ausbrüchen von den Winden mit fortgeführt, und es entstehen dann Tuff- und Aschenablagerungen an von den Eruptionsstellen weit entfernten Orten, wie man genau nachweisen kann.

Eine andere Erscheinung, welche durch die Winde hervorgebracht wird, ist die Bildung der Dünen (Flugsand), mächtiger Sandwälle an den Ufern des Meeres, welche von dem durch die Winde landeinwärts fortgetragenen, am Meeresstrande lagernden Sande gebildet werden und welche förmlich immer mehr landeinwärts wandern, wenn sich denselben nicht für sie unüberwindliche Hindernisse, wie dichte Wälder, Höhenzüge 2c., in den Weg stellen. Diese Dünenbildung wirkt oftmals verheerend; man kennt ganze Ortschaften, Wälder 2c., die in historischer Zeit vom Flugsande verschüttet worden sind. Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich auch in den großen Sandwüsten im Innern Asiens und Afrikas. Auch hier wandert der Sand der Wüste immer noch vorwärts, früher kultivierte und bewohnte Gegenden verwüstend und mit Sandmassen bedeckend.

Eine äußerst interessante Erscheinung, deren Entstehung durch die Winde veranlaßt worden ist und noch wird, ist die Bildung eines zum Löß (S. 38) gehörigen Gesteinmaterials in China, das daselbst von großer Mächtigkeit ist und große Flächenräume bedeckt. Der Staub wird von den Winden aus Zentralasien hinweggetragen und im Osten dieses Weltteils wieder abgesetzt, ein Vorgang, der in so großem Maßstabe erfolgen muß, daß durch die Masse dieses abgesetzten Staubes große und tiefe Thäler ausgefüllt worden

sind. Die Aufschichtung dieser gewaltigen Staubmassen wird durch den Umstand, daß in jenen Gegenden nur sehr wenig Regengüsse stattfinden, dieselben von den atmosphärischen Niederschlägen also nur in sehr geringer Menge wieder fortgeführt werden, noch wesentlich befördert. Auch für gewisse deutsche Vorkommnisse von Löß nimmt man heutzutage eine äolische Entstehung an.

Sechster Abschnitt.

Die Entstehung der Gesteine (Petrogenesis).

Nach der Art und Weise ihrer Entstehung teilen wir die Gesteine ein in drei große Gruppen, in die eruptiven, in die sedimentären und in die äolischen Gesteine.

Eruptive Gesteine nennen wir alle solche, die in einem weichen oder auch halbflüssigen Zustande aus dem Erdinnern hervorgedrungen sind und dann erstarrten. Zum Teil gelangten dieselben bis an die Erdoberfläche und ergossen sich dann entweder subärisch oder submarin über dieselbe, teils direkt aus Spalten emporquellend, teils aus eigentlichen, über bestimmten Stellen der Spalten aufgebauten Vulkanen. Sie treten dann in Strömen, Decken als auch in Kuppen auf und werden Ergußgesteine oder vulkanische Gesteine genannt. Wir unterscheiden dabei:

Paläovulkanische (altvulkanische) Ergußgesteine; Beispiele dafür sind die Porphyre, die Porphyrite, die Diabase, die Melaphyre, und

neovulkanische (neuvulkanische) Ergußgesteine, als Trachyte, Phonolithe, Basalte &c.

Nun giebt es aber auch eine Reihe eruptiver Gesteine, die aus dem Erdinnern emporstiegen, ohne jemals die Erdoberfläche erreicht zu haben, die höhlenartige, unregelmäßig gestaltete Räume erfüllten, aber von Spalten

her auf Schichtfugen zwischen die Sedimentärmassen eingedrungen sind. Sie bilden also Stöcke, Gänge, intrusive Lager und Lagergänge und stehen in keinerlei notwendiger Beziehung zu Vulkanen und Kratern, können auch demnach niemals von lockerem Auswurfsmaterial, von Tuffen begleitet werden. Man nennt dergleichen massige Gesteine Tiefengesteine oder plutonische Gesteine. Beispiele: Granite, Syenite, Eläolithsyenite, Diorite ꝛc. Die Tiefengesteine sind mit wenig lokalen, auf Randerscheinungen zurückzuführenden Ausnahmen holokrystallin entwickelte, d. h. sie bestehen aus lauter krystallinen, wenn auch nicht immer krystallographisch begrenzten Mineralindividuen, während für die normalen Ergußgesteine die porphyrische Struktur, Glaseinschlüsse, Basis ꝛc. geradezu charakteristisch sind.

Sowohl bei den Tiefengesteinen, als auch bei den vulkanischen Gesteinen findet sich die als „Gang“ bezeichnete geologische Lagerungsform. (Vergl. den 8. Abschnitt.) Für die ersteren sind es die Ausläufer (Apophysen) größerer Gesteinsmassen, für die letzteren die Zufuhrkanäle zu den Gesteinsausbreitungen an der Oberfläche.

Als Beweise dafür, daß die eruptiven Gesteine ursprünglich wirklich in glutflüssigem oder breiartigem Zustande sich befanden, mögen folgende Thatsachen gelten.

1. Die Lagerungsverhältnisse. Die Ergußgesteine treten, wie wir sahen, in dicken Kuppen und Strömen, andere Gesteine bedeckend, auf, ebenso in Gängen.

2. Viele Eruptivgesteine enthalten Einschlüsse von Gesteinsarten, welche sie durchsetzt haben.

3. Viele eruptiven Gesteine haben bei ihrem Heraufdringen Störungen in den von ihnen durchsetzten Gesteinsmassen hervorgebracht. Man kann das namentlich da gut beobachten, wo die ersteren wohlgeschichtete Felsarten durchbrachen und hierbei deren Lagerungsverhältnisse und Schichtenlage veränderten, die Gesteine selbst oftmals zertrümmerten ꝛc.

4. Die Veränderungen, welche viele Eruptivgesteine an von ihnen durchbrochenen Sedimentgesteinen hervorgebracht haben, wie z. B. Frittungen, Verglasungen und oftmals vollständige Umwandlung derselben. So haben z. B. gewisse Granite in den Vogesen, im Gebiete von Barr-Andlau, Thonschieferablagerungen durchbrochen und dieselben auf verhältnismäßig weite Strecken hin vollständig verändert, und zwar derart, daß, je näher man dem durch die Ablagerungen hindurchgedrungenen Granit kommt, um so mehr die Schiefer (die sogenannten Steiger Schiefer) in ein sehr kieselsäurereiches Gestein, in den Hornfels, umgewandelt sind. Auf diese Zone von Hornfels folgt nach außen hin

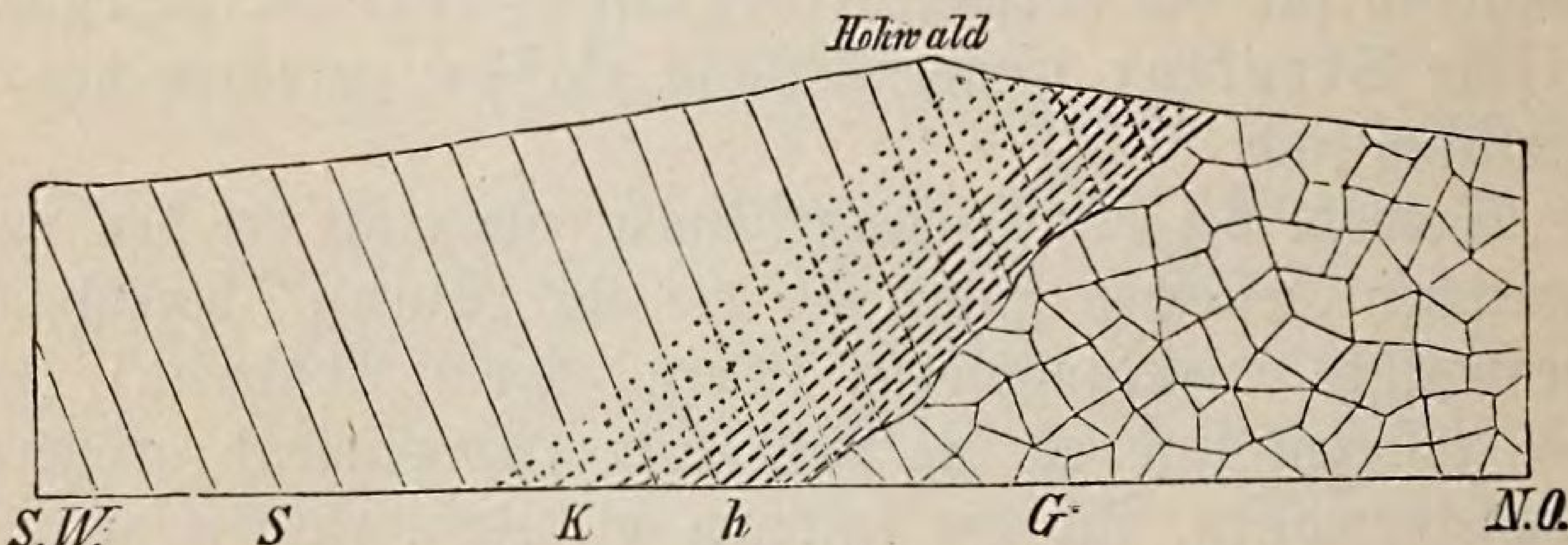


Fig. 29. Profil durch den Kontakt des Granitites und der Steiger Schiefer am Hohwald in den Vogesen. Nach Rosenbusch.
S Steiger Schiefer — G Granitit — K Knotenthon- und Knotenglimmerschiefer — h Hornfels.

eine solche, in welcher geringere Umwandlungen an den Schiefern wahrzunehmen sind, und auf diese Weise kann man eine Reihe von Zonen unterscheiden, in welchen die Schiefer immer weniger Veränderungen in ihrer mineralischen Zusammensetzung zeigen, bis man schließlich die unveränderten, ursprünglichen Thonschiefer wieder erreicht (Fig. 29). Diese also mehr oder weniger veränderten Schiefer nennt man Knotenglimmerschiefer, Knotenthonschiefer oder Fruchtschiefer rc. Aehnliche Erscheinungen, wie die hier erwähnte, kennt man an verschiedenen Orten unserer Erde, so z. B. im Harze, in Sachsen (bei Schneeberg im Erzgebirge) rc.

Wenn gewisse Eruptivgesteine in heißflüssigem Zustande Kalkgesteine durchbrochen haben, so sind dieselben sehr häufig in reinen krystallinischen Kalk umgewandelt. Schöne Beispiele hierfür bieten die Gebirge Südtirols, ganz speziell die in geologischer Beziehung weltberühmte Umgebung des Dorfes Predazzo im Fleimserthal; hier haben ältere Eruptivgesteine von syenitischem Typus ꝛc. die Sedimente der alpinen Trias durchbrochen und dieselben an den Kontaktstellen in Marmor umgewandelt. Daneben wurden, wahrscheinlich durch Einwirkung heißer Dämpfe, mit denen das Gesteinsmagma geschwängert gewesen sein muß, allerlei Kalksilikate als Granat, Vesuvian, Titanit, Glimmer ꝛc. in der Nähe der Kontaktstellen im körnigen Kalke herausgebildet, die sogenannten Kontaktmineralien. Derartige durch Einwirkung von Eruptivgesteinen auf die von ihnen durchsetzten Gesteinsarten und Gesteinsmassen hervorgebrachte Wirkungen und Erscheinungen faßt man unter der Bezeichnung Kontaktmetamorphismus zusammen.

5. Einen weiteren Beweis für das Emporgedrungensein der massigen Gesteine liefert uns deren mineralische Zusammensetzung. Wir wissen, daß manche Materialien ihrer chemischen Natur nach nur aus einem Schmelzfluß hervorgegangen sein können, und daß gewisse Erscheinungen, welche dieselben zeigen, wie z. B. gewisse Strukturverhältnisse, Einschlüsse ꝛc., durch einen heißflüssigen Zustand des Gesteinsmagmas und unter hohem Drucke hervorgebracht worden sein müssen.

6. Ferner beweisen gewisse gegenwärtig noch beobachtbar stattfindende eruptive Gesteinsbildungen durch ihre vielfache Analogie mit den Eruptivgesteinen älterer geologischer Perioden, daß diese letzteren unter denselben Verhältnissen wie die ersteren entstanden sein müssen. Die heute noch durch Erstarrung aus einem heißflüssigen Zustande entstehenden Gesteine nennt man Laven. Es sind die Produkte der Vulkane. Diese Laven sind durchaus nicht alle gleich,

sie sind vielmehr untereinander sehr verschieden, sowohl bei den einzelnen Vulkanen, als auch bei deren einzelnen Ausbrüchen. So unterscheidet man deshalb basaltische, trachytische und leucitische Laven, oder auch Augitlaven, Feldspatlaven und Leucitlaven. Solche Gesteine kommen nun nicht nur an wirklichen Vulkanen vor, sondern sie finden sich auch in vielen Gegenden, in denen es keine thätigen Vulkane mehr giebt. Alle Basalte, Trachyte und Leucitgesteine, die oftmals weit von thätigen Vulkanen entfernt gefunden werden, haben nicht nur eine im allgemeinen ganz gleiche Zusammensetzung mit Laven, sondern auch ihre gesamten Verhältnisse ꝛc. sprechen dafür, daß sie ähnlich wie die Laven entstanden sind. Lava ist überhaupt nicht die Bezeichnung für ein bestimmtes Gestein, sondern nur die allgemeine Benennung für alle im heißflüssigen Zustande aus vulkanischen Oeffnungen ausgeflossenen und dann erstarrten Gesteine. Es ist zu bemerken, daß die älteren massigen Gesteine kieselsäurereicher sind, also saurer, als die jüngeren, und daß, je mehr dieselben in jüngeren Formationen auftreten, die Menge von Kieselsäure in denselben um so mehr abnimmt, dieselben also basischer werden, wenn man auch bei alledem bei den jüngeren Eruptivgesteinen sowohl wie bei den älteren ebenfalls wiederum saurere und basischere Glieder unterscheiden kann.

Sedimentärgesteine nennt man solche, welche entweder aus einer wässerigen Lösung auskrystallisiert oder aus einem mechanischen Absatze des Wassers hervorgegangen sind. Diese Gesteine sind dann meist in regelmäßigen Schichten übereinandergelagert und enthalten oftmals Fossilien. Auch bei diesen Gesteinen kann man die Analogie der gegenwärtigen Gesteinsbildungen zur Beurteilung ihrer Entstehungsweise benutzen, denn an sehr vielen Orten unserer Erde, durch Quellen, Bäche, Flüsse, Sümpfe, Landseen und Meere, durch chemische Niederschläge und durch mechanische Ablagerungen — Zusammenschwemmung —, oftmals unter Vermittelung des Tier- und Pflanzenlebens, werden jetzt

noch sedimentäre Gesteine gebildet, so z. B. durch Quellen der Kalktuff durch Ausscheidung von kohlensaurer Kalkerde, die im Quellwasser aufgelöst war, ähnlich auch Kieseltuff und Eisenocker. Durch Bäche oder Flüsse werden Schlamm-, Sand- und Geschiebeschichten abgelagert, die später zu festen thonigen Sandstein- und Konglomeratschichten werden können, mechanische Ablagerungen. Sümpfe und Landseen lagern Raseneisenstein, thonige, schlammige, sandige, konglomeratartige oder auch kalkige Schichten ab. Das Meer bildet an seinen Küsten Schlamm und Sandschichten, von den Küsten entfernt, in der Tiefe — und nur ausnahmsweise beobachtbar — verschiedenartige, besonders aber kalkige Sedimente. Durch Vermittelung des Pflanzenlebens werden Torfablagerungen und Anhäufungen von Pflanzenteilen gebildet, das Tierleben vermittelt Kieselgur, kreideartige, aus lauter kleinen Organismen zusammengesetzte Gesteine, Foraminiferenbänke, Muschelbänke, Korallenriffe 2c.

Minerogene Sedimentärgesteine nennt man solche, die aus bloßen Anhäufungen von Mineralstoffen bestehen. Man unterscheidet solche mechanischen Ursprungs, wie gewisse Sandsteine, Breccien, Konglomerate und andere mehr, und solche chemischen Ursprungs, wie Rogensteine, Kalktuffe, Anhydrit, Steinsalz, Gips, die sich heute alle meist noch vor unseren Augen bilden u. s. f. Auch gewisse krystallinische Quarzsandsteine, Thonschiefer, Schieferthone 2c. gehören zum Teil hierher.

Phytogene Sedimentärgesteine nennt man solche, die durch die Vermittelung der Thätigkeit des Pflanzenlebens entstanden sind. Hierher gehören die Kohlengesteine und die durch Vermittelung der Kalkalgen gebildeten Gesteine, die Nulliporen- und Lithothamnienkalke der Tertiärformation, die Gyroporellenkalke der alpinen Trias, welche Schichten von großer Mächtigkeit bilden, die Paläoporellen- und Vermiporellengesteine des Silurs u. s. w.

Zoogene Gesteine werden gebildet durch die Vermittelung des Tierlebens. Die Tiere, welche die Veranlassung der Bildung solcher zoogener Gesteine werden, sind meist niedere. So können wir mit Recht annehmen, daß der größte Teil der Kalksteine, welche in früheren geologischen Perioden zur Ablagerung gekommen sind, durch tierische Organismen gebildet wurden, selbst wenn wir heute keine Spur derselben mehr in den Gesteinen zu erkennen vermögen. Die neueren Tiefseeforschungen haben folgende interessante Daten ergeben: Bis zu einer Tiefe von etwa 5300 m ist der Meeresboden fast aller Meere mit aus Globigerinen bestehendem Schlamm bedeckt, der nach Credner bis 70 % kohlensauren Kalk, 20—30 % Kieselsäure und 20—30 % Thonerde enthält. Bei mikroskopischer Betrachtung ergiebt sich, daß wesentlich nur Foraminiferengehäuse diesen Schlamm zusammensetzen. Je mehr wir nun in größere Tiefen hinabsteigen, um so mehr erliegen diese Foraminiferenschälchen der zersetzenden Einwirkung der Kohlensäure, so daß allmählich eine weiße, schlammige Masse entsteht, in welcher nur noch Schalenfragmente zu erkennen sind. In noch größeren Tiefen finden sich nur noch rote und braune Thone, die wohl auch nur als der Rückstand dieses aus Fragmenten von Foraminiferenschälchen bestehenden weißen Schlammes anzusehen sind, dessen Kalkgehalt von der Kohlensäure aufgelöst wurde. Dieser Kalkschlamm hat wohl nachträglich noch durch weitere Einwirkung der Kohlensäure fernere Umbildungen erfahren und auf diese Weise werden denn auch die zoogenen Produkte in einen krystallinischen Zustand übergeführt worden sein. Es läßt sich also daraus schließen, daß sehr viele der sedimentären Kalksteine als zoogene Ausscheidungsprodukte anzusehen sind und ihre heutigen Strukturverhältnisse späteren Umbildungen verdanken. Es giebt aber auch Gesteine, deren Entstehung aus Foraminiferenresten deshalb außer Zweifel ist, weil sie förmlich davon erfüllt, ja völlig von ihnen gebildet sind, so z. B. die Fusulinakalke des Karbon, die Kreidemergel der

Kreide, die Milioliden- und Nummulitenkalke des Tertiärs 2c.

Welche mächtigen riffartigen Ablagerungen die Korallen herzustellen vermochten und auch heute noch hervorbringen, das lehrt uns die historische Geologie und die Zoologie. Mächtige Kalksteinbildungen der Juraperiode verdanken denselben ihr Dasein und auch in noch anderen Formationen nahmen dieselben an der Gesteinsbildung teil.

Manche andere Gesteine sind durch die Thätigkeit der Bryozoen und der Brachiopoden entstanden, so die Bryozoenriffe des Zechsteins und der oberen Kreide, die Terebratelbänke des Muschelkalks; die Krinoideen haben die Krinoideenkalke (Trochitenkalk) gebildet, die Mollusken die Litorinellenkalke, die Gryphitenkalke, die Hippuritenkalke 2c., die Würmer den Serpulit; letztere spielen heute noch, wie Darwin neuerdings nachgewiesen hat, eine große Rolle bez. der Humusbildung. Den Wirbeltieren ist die Entstehung der Bonebed genannten Ablagerungen, der Knochenbreccien und der heutigen Guanobildungen 2c. zu danken.

Die Gesteine, welche wir schon im zweiten Abschnitt als krystallinische Schiefer kennen gelernt haben, können in ihrem gegenwärtigen Zustand nicht durch Absatz aus Wasser entstanden sein. In ihrer mineralischen Zusammensetzung zeigen dieselben zum Teil die größten Analogien mit den Eruptivgesteinen, aber dieselben treten nicht massig auf, wie die letztgenannten Gesteine, sondern zeigen Bankung und auch echte Schichtung. Nicht nur die eigentlichen krystallinischen Schiefer, als Gneise, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer, Hornblendeschiefer u. s. f. gehören zu diesen auch als metamorphische Gesteine bezeichneten geologischen Körpern, sondern überhaupt die Gesteine der archäischen Formationsreihe (11. Abschnitt), also viele Kalksteine, Dolomite 2c. Man nimmt an, daß diese Gesteine größtenteils durch Umwandelung aus Sedimentärgesteinen entstandene sind. Für diese Umwandelung hat man den Namen

Regionalmetamorphismus gebraucht. Dieser Regionalmetamorphismus kann auf verschiedene Weise vor sich gegangen sein; man hat allerlei Hypothesen darüber aufgestellt, deren wichtigste wohl die folgenden sind:

1. Der plutonische Regionalmetamorphismus, dessen Verteidiger der berühmte Geolog Lyell und der Verfasser der ersten drei Auflagen dieses vorliegenden Katechismus, B. von Cotta, gewesen sind. Diese Forscher nahmen an, daß die Umwandelung infolge einer langsamen und andauernden Erhitzung der betreffenden Gesteinsschichten durch die innere Erdwärme vor sich gegangen und diese Umwandelung ferner noch durch den Druck der überlagernden Schichtenkomplexe auf die darunter liegenden wesentlich befördert worden sei, wodurch diese zu unterst liegenden Schichten förmlich umgeschmolzen, die darüber lagernden jedoch umkrystallisiert und in ihren Strukturverhältnissen verändert worden seien. Auch die Thätigkeit des Wassers nahmen die betreffenden Gelehrten zur Erklärung ihrer Hypothese in Anspruch. Es entstand also diese Umwandlung durch den Druck und den Luftabschluß infolge der darüber liegenden Gesteine, durch erhöhte Temperatur und durch Wasser, welches unter hohem Druck auch bei sehr hoher Temperatur darin bleiben und wirken konnte. Diese hohe Temperatur kann ferner noch durch Senkungen, in einzelnen Fällen auch durch aufsteigende Eruptivgesteine, heiße Gase und Dämpfe erhöht worden sein. Es unterliegt nach den neuesten Erfahrungen und Beobachtungen keinem Zweifel, daß gewisse Gneise durch Druck schiefrig gewordene Eruptivgesteine sind. So sind nach Lehmann Granite im Fichtelgebirge und im Sächsischen Mittelgebirge zu gneisartigen Gesteinen, nach Schmid an der Windgälle in den Urner Alpen Porphyre zu sericitartigen Gneisen umgewandelt worden, Diabase zu Grünschiefern und Strahlsteinschiefern, wie uns gewisse Vorkommnisse, die Liebe, Lossen, Milch u. a. m. aus Thüringen, dem Taunus rc. beschrieben haben, beweisen.

2. Eine zweite Theorie hat den Namen des **hydrochemischen Regionalmetamorphismus** erhalten, dessen Hauptverfechter der berühmte Chemiker und Geologe Bischof gewesen ist. Nach diesem Gelehrten bedarf es kaum aller der erwähnten, aus Anlaß der Besprechung des plutonischen Regionalmetamorphismus erwähnten Umstände, und die Ursache dieser Gesteinsumwandlung ist einzig und allein in einer langandauernden chemischen Thätigkeit des Wassers zu suchen, die nach und nach die Stoffumwechslung und die Umkrystallisierung bei den in Frage kommenden Gesteinen hervorgebracht hat. Hoher Druck, verursacht durch die darüber lastenden Schichten, und höhere Temperatur werden zur Erklärung auch dieser Hypothese als notwendig angenommen, ferner enorme geologische Zeiträume.

3. Eine weitere Erklärungsweise für die Entstehung der metamorphischen Gesteine ist schließlich die, daß die betreffenden Gesteine überhaupt keine Umwandlung durchgemacht haben, sondern sich vielmehr noch im ursprünglichen Zustande befinden, in welchem sie bei ihrer Entstehung waren. Diese Ansicht basiert auf der großen Uebereinstimmung des petrographischen Charakters der archäischen Formation, wo dieselbe auf unserer Erde auch entwickelt ist, sodann auf der gleichmäßigen Wechsellagerung ihrer Gesteine, was bei einem so sehr ausgedehnten und mächtigen Schichtenkomplexe nicht möglich sein könnte, wenn derselbe das Produkt eines Durchwässerungsprozesses, wie des soeben geschilderten, wäre. Die Abgrenzung der im Habitus oft völlig voneinander verschiedenen Gesteine gegeneinander könnte in diesem Falle keine so scharfe sein 2c.

Welche dieser Hypothesen die richtige ist, muß dahingestellt bleiben. Es ist aber jedenfalls gewiß, daß vom Gneise an bis zum petrefaktenführenden Thonschiefer vermittelst der Glimmerschiefer und Phyllite die verschiedensten Uebergänge vorhanden sind, daß man ferner echte Glimmerschiefer kennt, welche Petrefakten führen und als umgewandelte Gesteine silurischen Alters anzusehen sind, daß ferner durch die gebirgs-

bildende Kraft, also z. B. durch Faltenbildung, regionalmetamorphische Erscheinungen hervorgerufen werden, indem ursprünglich nichtkrystallinische Massen durch hohen Druck, dem sie ausgesetzt waren, mehr oder weniger krystallinisch geworden sind. So hat man in den Zentralalpen (Berner Hochland) sedimentäre Kalksteine nachgewiesen, welche durch hohen Druck, Eingekeiltwerden zwischen Gneisschichten, in einen dem körnigen Kalk ähnlichen krystallinischen Zustand übergeführt worden sind (tektonischer Regionalmetamorphismus). Uebrigens haben auch Experimente ergeben, daß man aus nichtkrystallinischen Massen, etwa Pulver oder Feilspänen von Metallen, durch Anwendung von hohem Druck (bis 6000 Atmosphären) krystallinische feste Massen herstellen kann. Bezüglich der äolischen Gesteine siehe das im fünften Abschnitt über die geologische Thätigkeit der Winde Gesagte (Seite 78—79).

Siebenter Abschnitt.

Die nutzbaren Lagerstätten.

Die nutzbaren Lagerstätten unterscheiden sich von den Gesteinen im allgemeinen dadurch, daß sie einen viel geringeren Anteil an der Zusammensetzung der festen Erdkruste nehmen, immer nur unter besonderen Umständen entstanden sind und zum Teil aus nicht so regelmäßigen und konstanten Mineralverbindungen bestehen, als die weitverbreiteten Gesteine.

Formen ihres Auftretens. Die nutzbaren Lagerstätten treten auf als regelmäßige Lager oder Flöze,

als Spaltenausfüllungen oder Gänge,

als unregelmäßige Massen, Stöcke genannt,

als bloße Imprägnationen von Gesteinen.

Einteilung der Lagerstätten.

Die für den Menschen wichtigsten dieser Lagerstätten sind:

1. Die Erzlagerstätten,
2. die Steinsalzlagerstätten,
3. die Kohlenlager.

Außerdem kommen aber noch einige für die Technik wichtige Mineralien oder Gesteine in besonderen Lagerstätten vor.

Die Erzlagerstätten.

Unter Erzlagerstätten versteht man lokale Anhäufungen von Erzen, d. h. von solchen Mineralien, aus denen man Metalle gewinnen kann.

Form ihres Auftretens. Die Erzlagerstätten treten am häufigsten als Gänge auf, doch findet man sie auch als Lager, Stöcke und Imprägnationen und unterscheidet Erzgänge, Erzlager, Erzstöcke und Erzimprägnationen. Unter Imprägnation versteht man das lokale Vorkommen von besonderen Mineralien, z. B. von Erzen innerhalb gewisser Gesteine ohne scharfe Umgrenzung. Selbständige Imprägnationen treten für sich allein, ohne Verbindung mit besonderen Lagerstätten auf, unselbständige Imprägnationen sind an ihren Grenzen von Lagern, Gängen oder Stöcken begleitet. Der Form nach unterscheidet man gangförmige, lagerförmige und stockförmige Imprägnationen.

Bestandteile der Erzlagerstätten.

Diese Erzlagerstätten bestehen aus metallhaltigen Mineralien oder aus Erzen mit nicht metallhaltigen Mineralien, den Gangarten oder Lagerarten.

Die häufigsten Vorkommnisse der Metalle auf den Erzlagerstätten sind folgende:

Gold kommt am häufigsten gediegen vor, entweder in sichtbaren Partien, Körnern oder Krystallen, oder unsichtbar fein dem Schwefelkies, Arsenkies rc. beigemengt.

Silber findet sich gediegen und vererzt im Glaserz, im Weiß- und Rotgültigerz, im Miargyrit, Polybasit (oder Eugenglanz) 2c., sowie fein verteilt im Bleiglanz oder in Kiesen.

Kupfer findet sich gediegen und vererzt im Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz, Malachit, Kupferlasur, Fahlerz 2c.

Das Blei gewinnt man aus Bleiglanz, Weiß-, Gelb-, Grün- und Rotbleierz 2c.

Zink wird am häufigsten aus Galmei und aus der Zinkblende gewonnen.

Die wichtigsten Kobalterze sind: Speiskobalt und Glanzkobalt; die Nickelerze, die gewöhnlich zusammen mit den Kobalterzen vorkommen: Rotnickelkies, Weißnickelkies, Nickelarsenkies und Nickelantimonkies, sowie der Garnierit. Das wichtigste Zinnerz ist das Zinnoxyd oder der Zinnstein.

Quecksilber kommt vor gediegen oder als Zinnober, Amalgam 2c.

Platin findet sich nur gediegen oder verbunden mit anderen meist sehr seltenen Metallen.

Eisen gewinnt man aus Spateisenstein, Sphärosiderit, Bohnerz, Raseneisenerz, Brauneisenerz, Roteisenerz, Magneteisenerz 2c., die alle in verschiedenen Varietäten auftreten.

Die häufigsten Gang- und Lagerarten sind wohl Quarz, Hornstein, Kalkspat, Braunspat, Manganspat, Schwerspat, Flußspat und gewisse Mineralien der Zeolithgruppe.

Vorkommen der verschiedenen Erzarten.

Einzelne dieser Erzarten kommen vereinzelt vor, andere finden sich in der Regel miteinander verbunden. So kommen gewöhnlich zusammen vor:

1. Bleiglanz mit Zinkblende, Schwefel- und Kupferkies und mit Silbererzen.

2. Alle die verschiedenen Kupfererze mit Schwefelkies und oft auch mit Zinkblende.
3. Die Kobalterze mit den Nickelerzen.
4. Zinnerz mit Wolfram ꝛc.

Unterscheidung und Benennung der Erzlagerstätten.

Man unterscheidet und benennt die Erzlagerstätten nach den wichtigsten, wertvollsten oder vorherrschend darin auftretenden Metallen; dann aber auch nach ihrer Form. So unterscheidet man z. B. Goldgänge und -lager, Silbererzgänge, -lagerstöcke und -imprägnationen, Kupfererzgänge, -lager, -stöcke und -imprägnationen.

Alters- und Lagerungsverhältnisse der Erzlagerstätten.

Die Erzlagerstätten finden sich zwischen Gesteinen des verschiedensten Alters, sind jedoch mit gewissen Gesteinsarten häufiger als mit anderen verbunden. So finden sich z. B. Zinnerze am häufigsten mit granitischen Gesteinen verbunden, Galmei meist mit dolomitischem Kalksteine, Kupfererze sehr häufig mit hornblendehaltigen Gesteinen ꝛc.

Die Verteilung der Erze in den Erzlagerstätten ist nicht immer eine gleichmäßige. Wohl ist das oft in den wirklichen Lagern der Fall, in den Gängen, Stöcken und Imprägnationen dagegen fast nie. In diesen wechseln vielmehr gewöhnlich reiche Stellen, sogenannte Erznester, gute Anbrüche oder Veredelungszonen mit armen oder tauben, d. h. erzleeren Regionen ab, so daß man fast nie die ganze Lagerstätte mit gleichem Nutzen oder überhaupt mit Nutzen gewinnen kann.

Seifenlager. Man versteht darunter Anschwemmungen von Geröllen, Sand, Lehm oder Schutt, welche Metall- oder Erzkörner enthalten, die aus Lagern, Gängen, Stöcken oder Imprägnationen ausgewaschen und dann wieder abgelagert worden sind. Man findet hauptsächlich Platin, Gold und Zinnerze in solchen Seifenlagern, und vorzugsweise gerade diese, weil sie der mechanischen Zerstörung

und der chemischen Zersetzung am meisten widerstehen und zugleich ein hohes spezifisches Gewicht haben, wodurch sie bei der Wiederablagerung durch Anschwemmung an bestimmten Stellen konzentriert wurden, während die meisten anderen Erze bei der Abschwemmung durch Wasser sich zersetzten und auflösten, oder in sehr kleine, leichte Teile zerrieben wurden, die sich nicht so konzentrierten.

Die Entstehung der Erzlagerstätten ist auf sehr verschiedene Weise vor sich gegangen. Die wirklichen Lager ebenso wie die Schichten der Sedimentgesteine entstanden wohl durch Ablagerung aus Wasser; die Gänge, die Stöcke und Imprägnationen meist wohl durch Krystallisationen aus wässrigen Lösungen, oder aus Dämpfen, welche die Erdkruste in Zerspaltungen durchdrangen.

Die Steinsalzlagerstätten.

Vorkommen des Steinsalzes. Das Steinsalz kommt gewöhnlich in Form von unregelmäßigen stockförmigen Lagerstätten, seltener in regelmäßigen Schichten (Lagern) zwischen anderen sedimentären Gesteinen vor. Es findet sich in der Regel zwischen thonigen, sandigen oder kalkigen Schichten, fast stets mit Gips und Anhydrit verbunden, auch scheint sein Vorkommen durchaus nicht auf bestimmte Bildungsperioden beschränkt zu sein, doch findet es sich in jeder einzelnen Erdgegend gewöhnlich nur in bestimmten Formationen, so im Gebiete der Karpathen bei Wieliczka-Szigeth rc. zwischen miocänen Sandsteinen, in Spanien (Cardona) und in Algerien wahrscheinlich zwischen Kreidebildungen, in Deutschland und im Alpengebiet hauptsächlich in der Trias und der Dyas, in Rußland in Perm, in Nordamerika auch in silurischen Ablagerungen. Man kann die Anwesenheit von unterirdischen Steinsalzmassen aus gewissen Umständen an der Erdoberfläche vermuten, so aus salzhaltigen Quellen, aus der Anwesenheit von Salzpflanzen, aus dem Vorkommen von Gips und aus lokalen Bodensenkungen — sogenannten Erdfällen. Diese Erdfälle sind trichter-

förmige Bodensenkungen, dadurch entstanden, daß mächtige unterirdische Steinsalzablagerungen nach und nach ausgewaschen worden sind und die dadurch bewirkten Hohlräume zusammenbrachen, doch sind auch andere Ursachen als Auswaschungen hierfür möglich. Das Zusammenstürzen derartiger, ehemals von Salz oder anderen Gesteinen ausgefüllten Hohlräume im Erdinnern kann Erderschütterungen zur Folge haben (Einsturzerdbeben; 3. Abschnitt), so der Einsturz der abgebauten Glocke im Krugschacht zu Königshütte in Oberschlesien, die Einsturzerdbeben auf der Insel Meleda bei Ragusa in den Jahren 1822—26 u. s. f.

Mächtigkeit der Steinsalzlager. Die Steinsalzlager erreichen oftmals ein große Mächtigkeit, die manchmal mit ihrer horizontalen Verbreitung in gar keinem Verhältnisse steht. So ist das Steinsalzlager von Wieliczka über 100 m mächtig, dasjenige bei Staßfurt sogar weit über 300 m.

Die Entstehung des Steinsalzes.

Die Steinsalzlager unserer Erde sind in mehr oder weniger abgeschlossenen Meeresbuchten oder in großen Binnenseen gebildet worden, und zwar durch die allmähliche Verdunstung des Wassers, wobei die in demselben enthaltenen Salze dann nach der Reihenfolge ihrer Löslichkeit niedergeschlagen werden mußten. Im Meerwasser sind nun besonders schwefelsaurer Kalk und schwefelsaure Magnesia sowie Chlornatrium oder Kochsalz in gelöstem Zustande vorhanden, daneben noch etliche andere Sulfate und Chloride, Karbonate, Phosphate 2c. Die Salzmenge des Meerwassers beträgt nach Prozenten:

Chloride	89,45
Sulfate	10,34
Sonstiges (als Karbonate 2c.) . . .	0,21
	100,00.

Der durchschnittliche Salzgehalt des Meerwassers beläuft sich auf 3,6 Proz.

Wenn nun das Wasser eines Meeresbeckens, worin ein solcher Verdunstungsprozeß vor sich ging, schwefelsauren Kalk enthielt, so mußte sich diese Verbindung, weil sie schwerer löslich ist als das Steinsalz, vor diesem letzteren ausscheiden; dann erst erfolgte der Absatz des Chlornatriums. Daher kommt es, daß meist Gips oder Anhydrit das Liegende der Steinsalzlager bilden. Hörte nach dem Niederschlage des Steinsalzes dieser Verdunstungsprozeß auf und erhielt aus irgend welchem Grunde das Meeresbecken neue Zufuhr von Seewasser und erfolgte dann wiederum ein Abschluß desselben, so wiederholte sich der eben geschilderte Vorgang. So ist es zu erklären, daß man an vielen Steinsalzlagerstätten das Auftreten von Zwischenlagen von Gips und Anhydrit zwischen den Steinsalzschichten beobachten kann. Es hängt von der Tiefe des betreffenden Meeresbeckens ab, ob der schwefelsaure Kalk sich in wasserfreiem Zustande, als Anhydrit, oder in wasserhaltigem, als Gips, niederschlägt. Um Anhydrit aus seiner Lösung ausscheiden zu lassen, bedarf es größerer Tiefe, etwa 107 m, gleich einem Druck von 10 Atmosphären.

Abraumsalze nennt man gewisse Salze, wie Chlorkalium, Chlormagnesium, schwefelsaures Kali ꝛc., welche die Steinsalzlagerstätten meist begleiten und über dem Steinsalz selbst niedergeschlagen worden sind. Dieselben sind leichter löslich als das Steinsalz, weshalb dieselben erst nach Absatz des Steinsalzes auskrystallisieren mußten. Nur an jenen Steinsalzlagerstätten, woselbst eine dichte und wasserundurchlässige Thonschicht die so leicht löslichen Abraumsalze vor dem Auflösen durch die im Innern der Erde stetig zirkulierenden Gewässer bewahrt hat, wie bei Staßfurt, sind uns diese wertvollen Salze erhalten geblieben. An sehr vielen anderen Stellen wurden dieselben längst fortgeführt.

Die Kohlenlager

treten auf als Lager (Flöze) zwischen sedimentären Ablagerungen; sie sind aus Anhäufungen mehr oder weniger

umgewandelter Pflanzenteile entstanden. Alle Kohlenlager sind nicht von gleicher Beschaffenheit, denn man unterscheidet Graphitlager, Anthracitlager, Schwarz- oder Steinkohlenlager, Braunkohlenlager und Torflager. Erstere sind, obwohl aus der reinsten Kohle bestehend, nicht brennbar.

Die Graphitlager stellen die stärkste Umwandlungsstufe der fossilen Kohle dar, welche nur unter solchen Umständen eingetreten zu sein scheint, unter denen zugleich die einschließenden Sedimentärgesteine gänzlich verändert und krystallinisch geworden sind. Der Graphit brennt unter gewöhnlichen Umständen nicht, kann große Hitze vertragen, befindet sich in schuppigem, halbkrystallinischem Zustande und färbt in hohem Grade ab. Dieses Mineral findet sich gewöhnlich als parallele Einlagerung im Gneis, Glimmerschiefer 2c., doch auch als Gemengteil dieser Gesteine.

Die Anthracitlager kommen gewöhnlich nur in sehr alten Bildungen vor, z. B. im Steinkohlengebirge und in noch älteren. Lokal sind indessen auch tertiäre Braunkohlenlager und ebenso Steinkohlenlager in Anthracit umgewandelt, der in seinem chemischen Verhalten fast ganz den Koks gleicht. Diese erwähnten Umstände sind durch Berührung der betreffenden Kohlenlager mit heißflüssigen Gesteinsmassen, z. B. an der Grenze von Basalt- und Porphyrgängen, geschehen. Die Anthracitlager verhalten sich meist ganz so wie die Steinkohlenlager, auch die sie begleitenden Gesteine sind meist dieselben. Der Anthracit enthält gewöhnlich fast gar kein Bitumen mehr, verbrennt deshalb ohne Rauch und Flamme und glänzt auf dem frischen Bruche gewöhnlich ziemlich stark. Sein Streichpulver ist schwarz wie das der gewöhnlichen Schwarz- oder Steinkohle, auch färbt er nicht ab, wie der Graphit es thut.

Die Schwarz- oder Steinkohlen unterscheiden sich von dem eben geschilderten Anthracit durch ihren immer noch sehr bemerkbaren Bitumengehalt (sie verbrennen deshalb mit Flamme und Rauch) und durch ihren geringeren

Glanz, von den jüngeren, im folgenden zu besprechenden Braunkohlen dagegen durch ihre mehr steinartige Beschaffenheit, ihren geringeren Bitumengehalt, ihr schwarzes Reibungspulver und ihr höheres geologisches Alter. Sie nehmen im allgemeinen eine bestimmte Stelle in der Reihe der sedimentären Ablagerungen ein, und man hat deshalb eine bestimmte Steinkohlenbildungszeit unterschieden. Doch hat sich ergeben, daß auch jüngere und ältere Ablagerungen als das eigentliche Steinkohlengebirge zuweilen Schwarz- und Steinkohlen enthalten, so daß man, genau genommen, mehrere Steinkohlenbildungen unterscheiden könnte. In dem Steinkohlengebirge kommt überdies ja auch Anthracit vor. Doch finden sich die Steinkohlen ganz vorherrschend in dem letzteren, überall begleitet von übereinstimmenden oder doch höchst ähnlichen Fossilien (siehe über das Steinkohlengebirge Seite 151 ff.). Die Anzahl der darin sich übereinander findenden Kohlenlager ist sehr ungleich (auch hier siehe die erwähnte Stelle). Ebenso sind die einzelnen Kohlenlager durchaus nicht immer von derselben Mächtigkeit; es giebt solche, die kaum $1/_4$ Meter dick sind, andere wieder, die 15 und mehr Meter Mächtigkeit besitzen. Auch in der Qualität differieren die Kohlenlager sehr; einige sind sehr rein, andere mit vielen erdigen Teilen gemengt, geben sehr viel Asche, einige sind sehr dicht und pechartig, andere mehr steinartig oder schieferig. In manchen Steinkohlengebieten unterscheidet man der Qualität und dem Gebrauchswerte nach bis vierzig verschiedene Kohlensorten; ziemlich allgemein kann man unterscheiden Pechkohle, Schieferkohle und Rußkohle, welche letztere schon viel Anthracit zu enthalten pflegt.

Die Bildung der Steinkohlenflöze. Daß die Steinkohle aus Pflanzensubstanz gebildet worden ist, ist wohl außer Zweifel. Es wird dies durch die verschiedensten Umstände bewiesen, unter anderem dadurch, daß in der Kohle selbst die Form der Pflanzen, aus welchen sie hervorging, vorhanden ist, daß die die Kohlenflöze begleitenden Gesteine oftmals förmlich

angefüllt sind mit Pflanzenabdrücken und auch in der Kohle oftmals noch die Strukturverhältnisse der Pflanzen, denen sie ihre Bildung verdankt, erhalten sind, manchmal sogar bis ins kleinste Detail. Meist sind es nur Land- und Sumpfpflanzen, welche die Kohle bildeten, und nur in wenig Ausnahmefällen marine. Während man früher der Ansicht gewesen ist, die Kohlenlager seien nur aus zusammengeschwemmten Pflanzenresten entstanden (allochthone Kohlenlager), können heutzutage wohl kaum mehr Zweifel darüber obwalten, daß sehr viele Kohlenflöze sich noch auf derselben Stelle finden, woselbst einst die Pflanzen, aus denen sie entstanden sind, wuchsen (autochthone Kohlenlager). Das geht unter anderem aus der so vorzüglichen Erhaltung der Farnwedel, aus der meilenweiten, gleichmäßigen Erstreckung der Kohlenlager und aus dem Umstande hervor, daß im Liegenden der Steinkohlenflöze sich oftmals noch die Ueberreste der Wurzeln derjenigen Pflanzen finden, deren Stämme und Zweige die Kohle gebildet haben, ja daß man sogar noch aufrechtstehende Stämme im Zusammenhange mit ihren Wurzeln in gewissen Kohlenablagerungen nachweisen konnte. Aus der allgemeinen Verbreitung der Steinkohlenbildungen-Formation geht des weiteren hervor, daß das Klima jener Zeit ein heißfeuchtes, tropisches gewesen ist und in jener Epoche in einem großen Teile der Erdoberfläche gleichmäßig vorherrschte. Es ist ferner zu bemerken, daß die Bildung der vielen und manchmal so sehr mächtigen Kohlenflöze große Zeiträume erfordert haben muß. Die oftmals wiederkehrende Wechsellagerung von Kohlenflözen und Schieferthonen, Sandsteinen, ja sogar von Kohlenkalkablagerungen mit mariner Fauna kann nur durch die Annahme mehrfacher Ueberschwemmungen der niedrig gelegenen Lagunen und Süßwassertümpel, in welchen die Pflanzen jener Periode wuchsen, eventuell auch durch Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche erklärt werden.

Die Braunkohlen enthalten mehr Bitumen als die Schwarzkohlen und der Anthracit und geben beim Zerreiben und

Kritzen ein braunes Pulver. Man findet sie in der Regel nur in tertiären Ablagerungen, doch gehören auch manche Kohlenlager älterer Formationen, so die Lettenkohle des Keupers, zu den Braunkohlen. Die Braunkohlenlager unterscheiden sich ebenfalls nach ihren Aschen und ihrem Bitumengehalt, nach ihrer Textur und sonstigen Qualität voneinander. So spricht man z. B. von erdiger Braunkohle, von dichter Braunkohle; von Pechbraunkohle, von bituminösem Holze, von Lignit, von Blätterkohle oder Dysodil ꝛc.

Die Braunkohlen sind unter ähnlichen Verhältnissen wie die Steinkohlen entstanden, nur sind die Pflanzenarten, welche dieselben gebildet haben, selbstverständlich andere.

Torflager. Als heute sich noch bildende Kohlenlager können wir die Torflager ansehen, die aus noch deutlich erkennbarer Pflanzensubstanz, meist aus Sumpfmoosarten, bestehen, welche die Eigentümlichkeit besitzen, an feuchten und nassen Stellen sehr dick übereinanderzuwachsen, während die untersten Teile dieser oftmals sehr mächtigen Anhäufungen nicht verfaulen, sondern sich in die Torf genannte Substanz umwandeln.

Die Umwandlung der Pflanzen in Kohle beruht auf einer allmählichen Konzentrierung des in den Pflanzen vorhandenen Kohlenstoffes. Es sind deshalb die Schwarzkohlen überhaupt nur als ein weiteres Umwandlungsprodukt der Braunkohlen anzusehen. Ihr ursprünglicher Ablagerungszustand war immer derjenige von Pflanzenteilen. Je nachdem nun die Umstände, besonders die Lagerungsverhältnisse der Schnelle der Umwandlung mehr oder minder günstig waren, sind die Pflanzenreste dieser oder jener Ablagerungsperiode in Braunkohlen, Schwarzkohlen, Anthracit oder Graphit umgewandelt worden.

Achter Abschnitt.

Absonderung, Schichtung und Lagerungsverhältnisse der Gesteine.

Absonderung.

Unter Absonderung der Gesteine versteht man ihre Zerspaltung in einzelne Teile durch Klüfte. Diese Zerspaltung wird veranlaßt durch Zusammenziehung der Gesteinsmasse bei ihrem Festwerden oder kurz nach demselben. Dieser Umstand kann bewirkt werden entweder durch Austrocknung der feuchten Masse — man nennt diesen Vorgang beim Thone Schwinden —, oder durch Abkühlung (der Eruptivgesteine), welche bei allen Körpern mit Zusammenziehung, Volumenverminderung, verbunden ist und bei sehr großen Massen fast stets innere Zerklüftung bewirkt. Alle Gesteine, die große Volumina einnehmen, sind stets abgesondert und zerklüftet, aber in ungleichem Grade; daher kommt es, daß es so sehr schwierig ist, lange Säulen, sehr große Platten und dergleichen, sogenannte Monolithen, aus einem Stück herzustellen.

Die Art der Absonderung ist nicht bei allen Gesteinen gleich; die meisten sind nur ganz unregelmäßig zerklüftet, so daß sie dadurch in kleine oder große, eckige und unregelmäßige Stücke zerfallen. Einige zeigen aber gewisse regelmäßige Absonderungen in Säulen, Platten, Würfel, Parallelopipede, Kugeln &c. Doch sind diese regelmäßigen Absonderungsformen der Gesteine keineswegs den Krystallen der Mineralien zu vergleichen. Sie sind im Gegenteil durchaus davon verschieden, denn weder ihre Winkel noch die Zahl der sie begrenzenden Flächen sind konstant; auch stimmt ihr inneres Gefüge nicht im mindesten mit dem eines Krystalls überein. Es sind nur Folgen

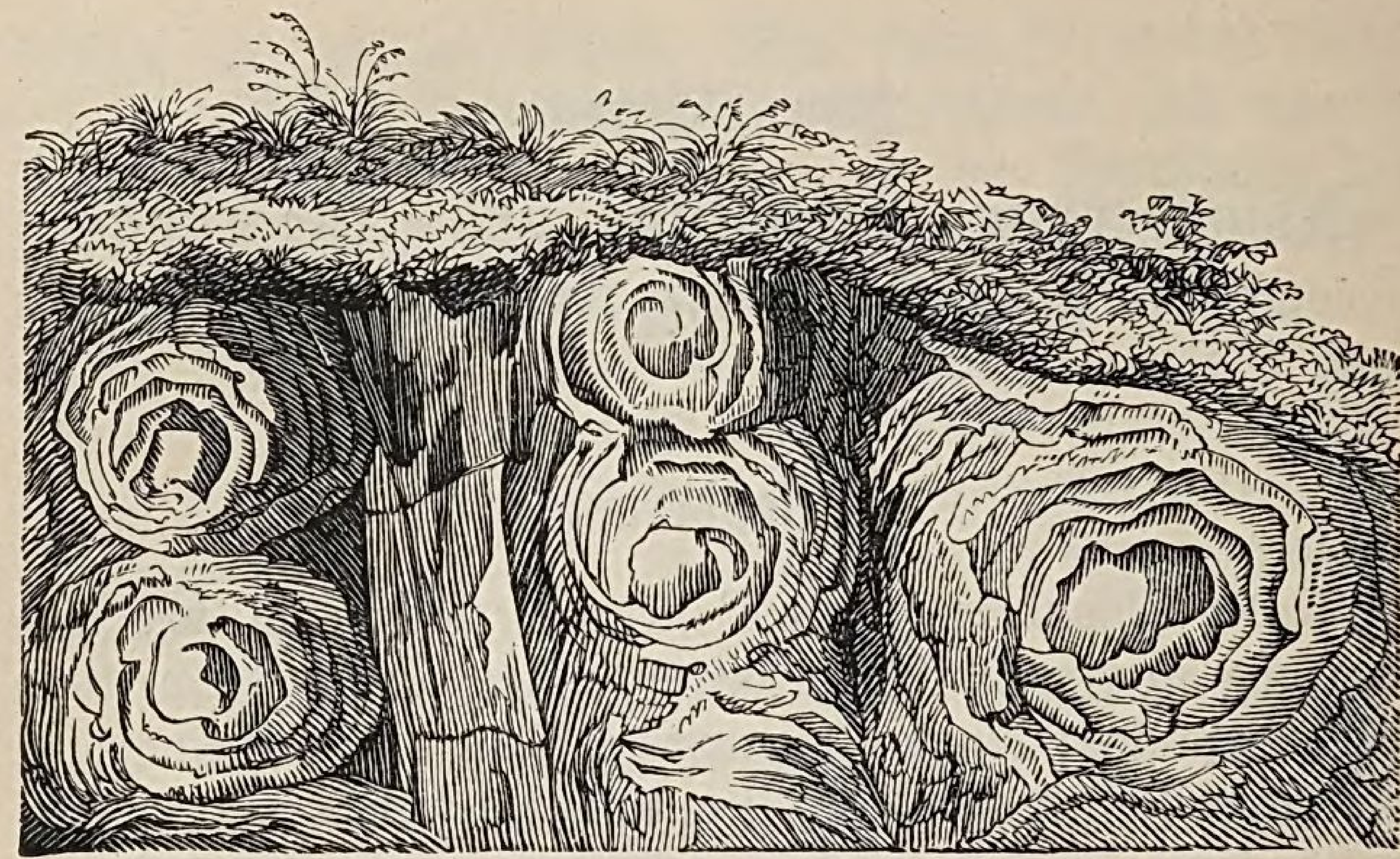


Fig. 30. Kugelige und zugleich konzentrisch schalige Absonderung am Quarzporphyr bei Teplitz in Böhmen.



Fig. 31. Säulenförmige Absonderung an einem basaltischen Lavastrom, welcher bei Bertrich in der Eifel über Thonschiefer geflossen ist.

äußerer Einwirkung, nicht solche innerer Eigenschaften der Substanz.

Derartige regelmäßige Absonderungsformen zeigen sich zwar nicht bei allen, aber doch bei mehreren Gesteinen, so z. B. beim Basalt, bei Dioriten, bei Porphyren 2c., in der Regel jedoch nur bei solchen Gesteinen, die durch Erstarrung aus einem heißflüssigen Zustande gebildet wurden, wie die ebengenannten. Die umstehenden Abbildungen (Fig. 30 u. 31) zeigen uns zwei der häufigsten regelmäßigen Absonderungsformen, nämlich die säulenförmige und die kugelförmige Absonderung.

Die plattenförmige Absonderung kann mit Schichtung oftmals verwechselt werden, denn der Form nach sind beide sehr ähnlich, wenn auch der Entstehung nach durchaus verschieden.

Absonderung kann erst dann erfolgen, nachdem das Gestein schon vorhanden ist, frühestens während seines Festwerdens. Schichtung dagegen kann sich nur zugleich mit dem Gesteine bilden, indem sich eine Schicht des Gesteinsmaterials über die andere lagert. Die ungleiche Entstehung beider Erscheinungen läßt sich in den meisten Fällen sehr leicht erkennen, besonders dann, wenn die einzelnen Schichten aus etwas ungleichem Materiale bestehen, oder durch abweichende, dünne Zwischenlagen voneinander getrennt sind, was bei der Absonderung nie der Fall ist. Zuweilen ist es aber auch nicht ganz mühelos, plattenförmige Absonderung und Schichtung voneinander zu unterscheiden.

Schichtung.

Schichtung findet sich in der Regel nur bei aus Wasser abgelagerten, also bei Sedimentärgesteinen; zuweilen sind aber auch Lavaergießungen wiederholt übereinandergeflossen und dann ebenfalls geschichtet. Die Schichtung entspricht in der Regel auch der Lagerung der Gesteine, und diese sind stets in der Ebene ihrer Schichten, dem Streichen und Fallen, am weitesten verbreitet.

Streichen und Fallen. Als Streichen bezeichnet man die horizontale Erstreckung einer Schicht, als Fallen dagegen die stärkste Neigung derselben gegen den Horizont. Beide Richtungen stehen senkrecht aufeinander, und man ermittelt sie mit Hilfe eines eigens zu diesem Zwecke konstruierten Instrumentes, des Bergkompasses.

Schichtenreihen nennt man eine gleichförmige Aufeinanderfolge von Schichten.

Hangendes und Liegendes. Jede Schicht hat meist gewisse Steinmassen, die auf ihr lagern, ihr Hangendes, oder auch ihr Dach genannt. Die unter der betreffenden Schicht lagernden Gesteinsmassen nennt man ihr Liegendes oder ihre Sohle. Die obere Grenze einer Schicht nennt man ihre Dachfläche, die untere ihre Sohlfläche.

Lagerungsverhältnisse der Schichten. Verschiedene Schichten liegen entweder übereinander, dann spricht man von Uebereinanderlagerung, oder, wenn dieselben miteinander abwechseln, von Wechsellagerung. Liegen bei einer Uebereinanderlagerung verschiedener Schichten dieselben zu einander parallel, so befinden sie sich in normaler oder gleichförmiger Lagerung, oder auch in konkor-

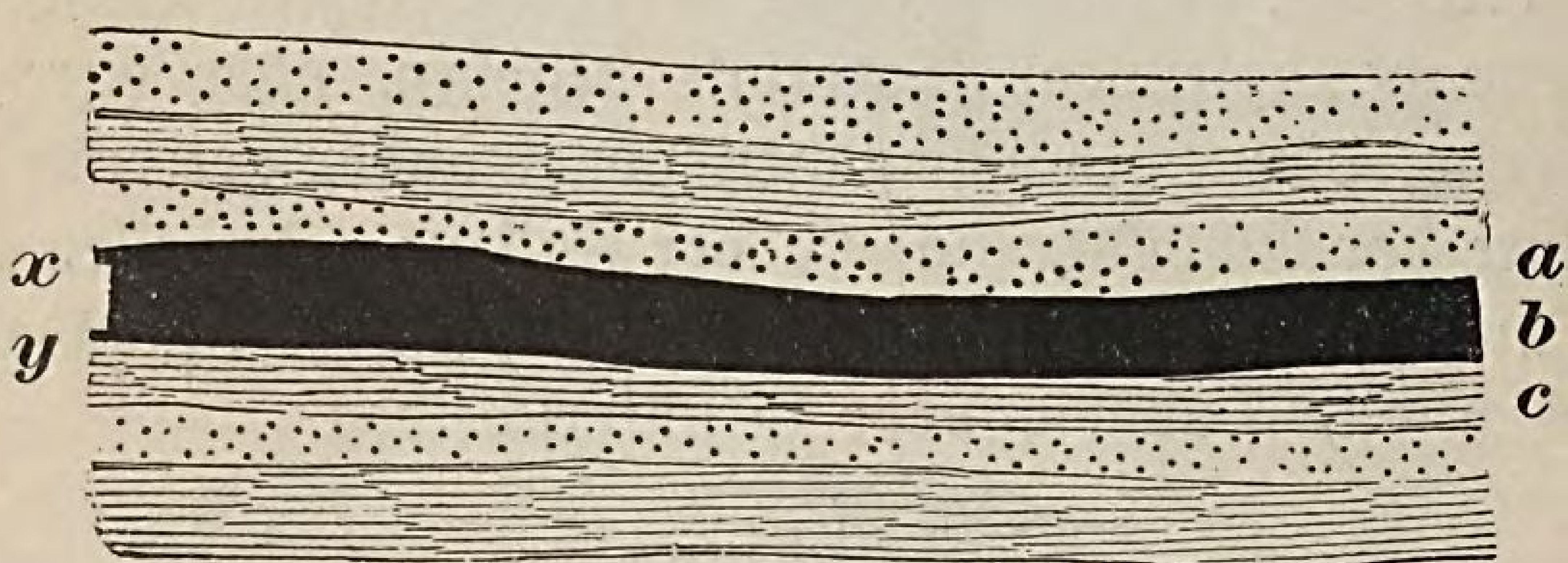


Fig. 32. Die Schicht b ist horizontal zwischen den Schichten a und c eingelagert — a ist ihr Hangendes, c ihr Liegendes, x ihre Dachfläche, y ihre Sohlfläche. Die Schichten a, b und c befinden sich in konkordanter Lagerung.

danter Lagerung (Fig. 32); laufen die Schichtflächen nicht parallel, so redet man von abnormer, ungleichförmiger oder auch diskordanter Lagerung. In Figur 33 A sieht man die Schicht b die Schicht a überlagern, in

Figur B die Schichten a und b in Wechsellagerung miteinander, in Fig. C die Schichten a und b in normaler Lagerung und in Fig. D die Schichten a und b in abnormer Lagerung. Bei abnorm gestellten Schichten spricht man von übergreifender Lagerung, wenn ein Schichtensystem über das andere hinüberreicht, Fig. E, und von abstoßender Lagerung, wenn die Schichten des

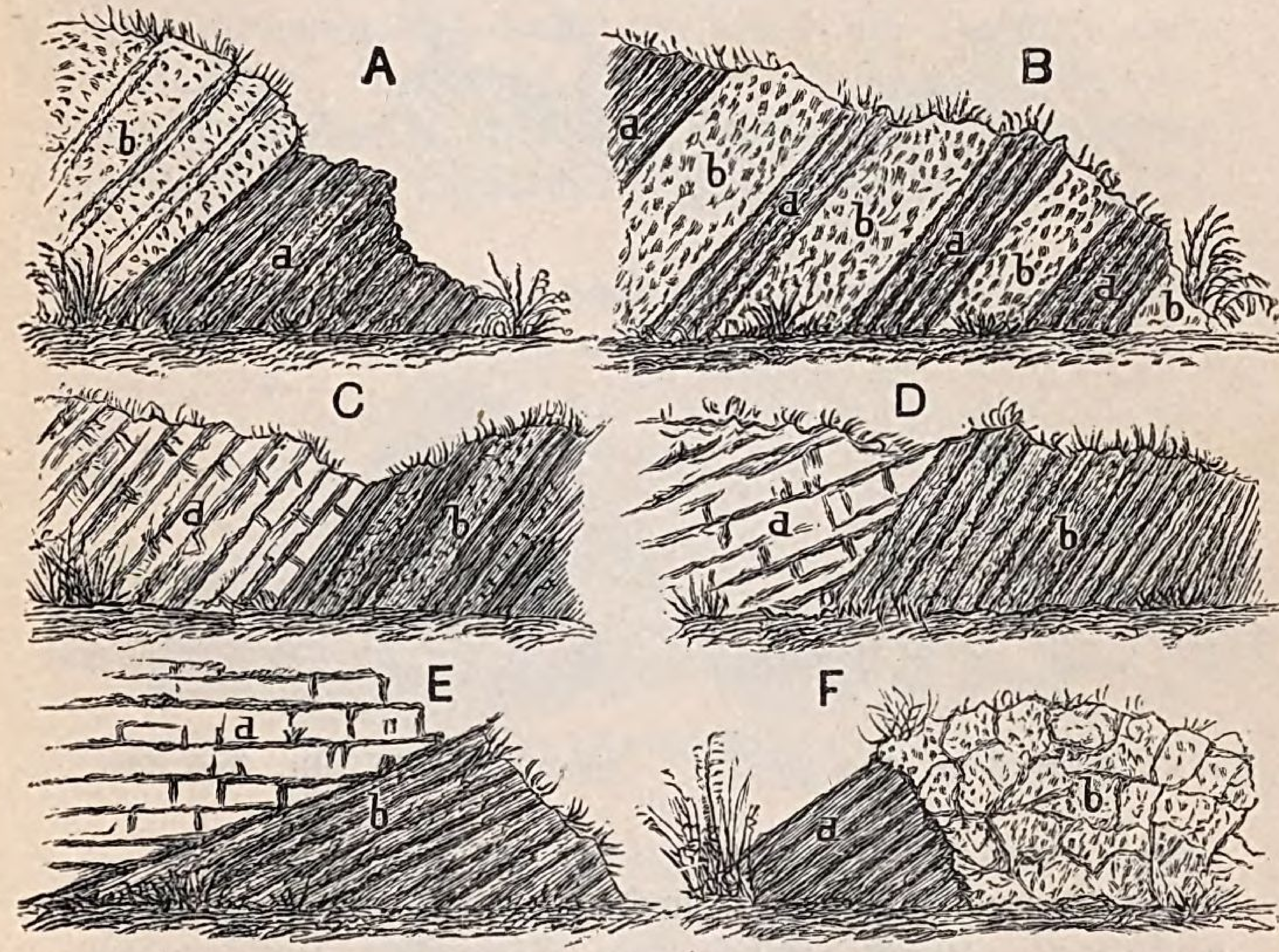


Fig. 33. Verschiedene Schichtensysteme.

einen Systems an denen des andern plötzlich mehr oder weniger senkrecht enden oder absetzen, Fig. F. Ein Schichtensystem liegt entweder horizontal oder sohlig, wie in Figur 32, oder es liegt unter irgend einem Winkel zur Horizontalen geneigt, Fig. 33 A, B und C, oder es hat gar seigere Lagerung oder steht auf dem Kopfe, d. h. es steht senkrecht. Ist die Schicht im Verhältnis zu

ihrer ursprünglichen Lagerung um mehr als 90 Grad aus ihrer frühern Stellung verschoben worden, so ist sie **überkippt**. Das Ende, mit welchem ein geneigtes Schichtensystem an die Erdoberfläche tritt, nennt man sein **Ausgehendes**.

Schichtenstörungen. Aus dem Vorstehenden erhellt, daß die Schichten sich nicht immer mehr in ihrer ursprüng-

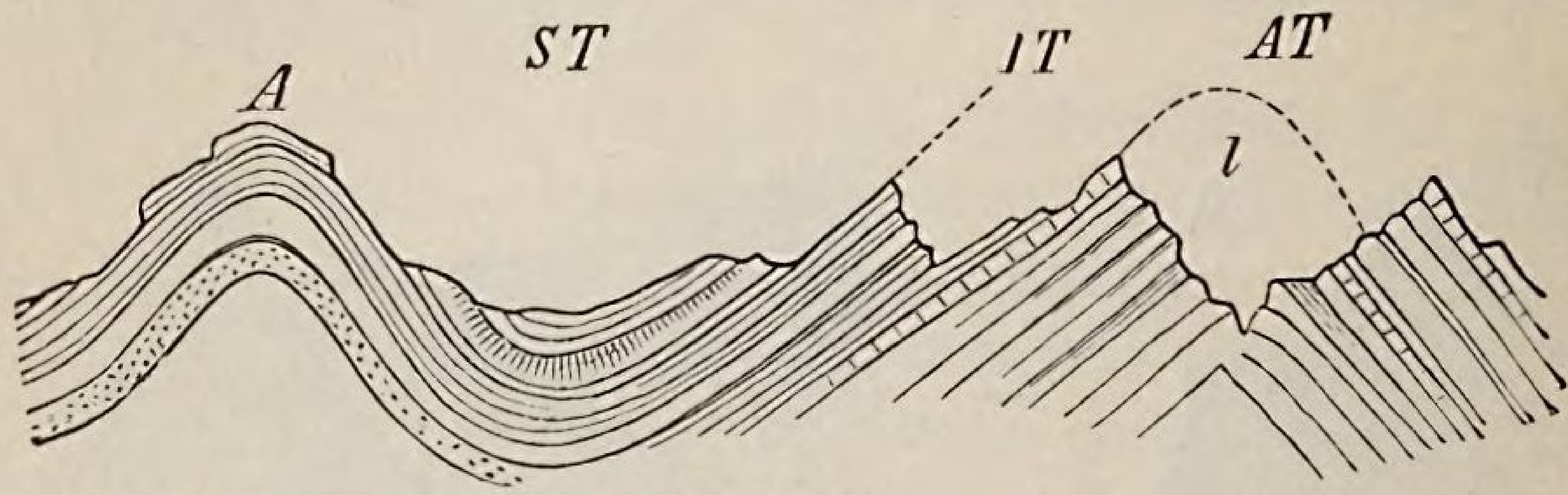


Fig. 34. A und AT Sättel — ST Mulde — l Luftsattel. Nach Heim.

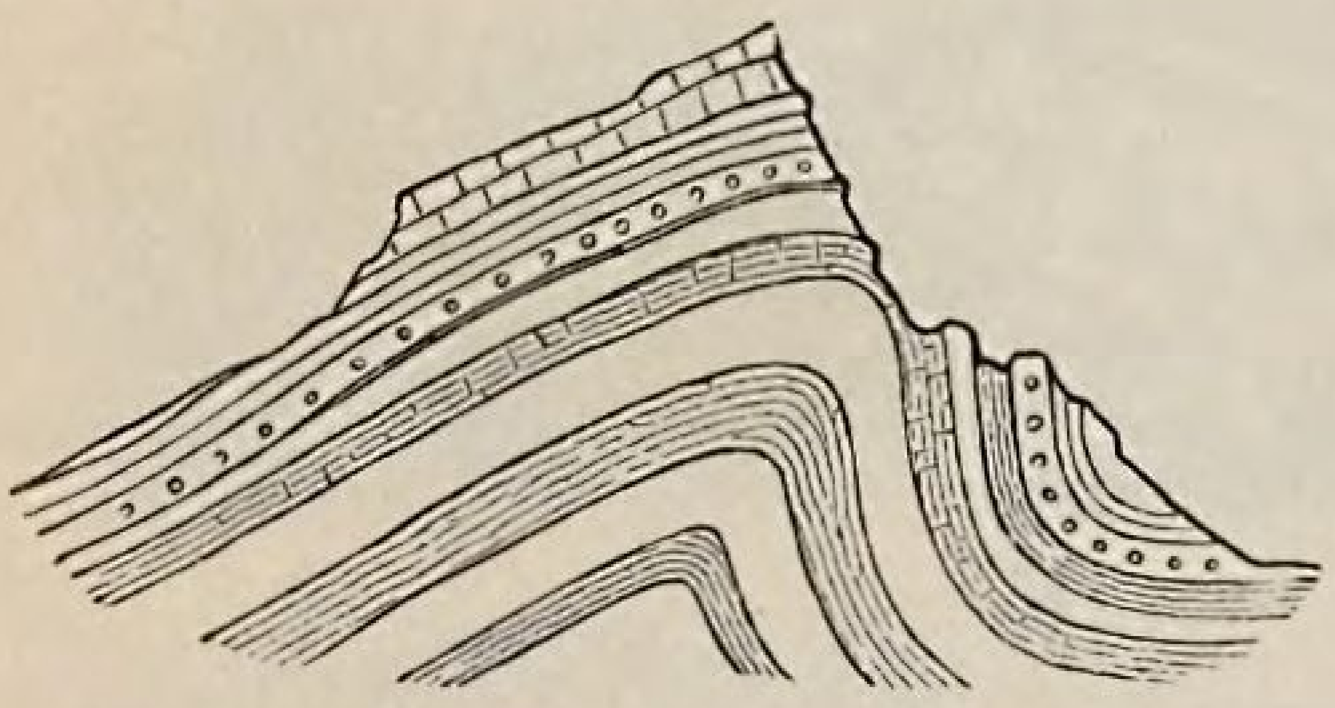


Fig. 35. Schiefe Falte. Nach Heim.

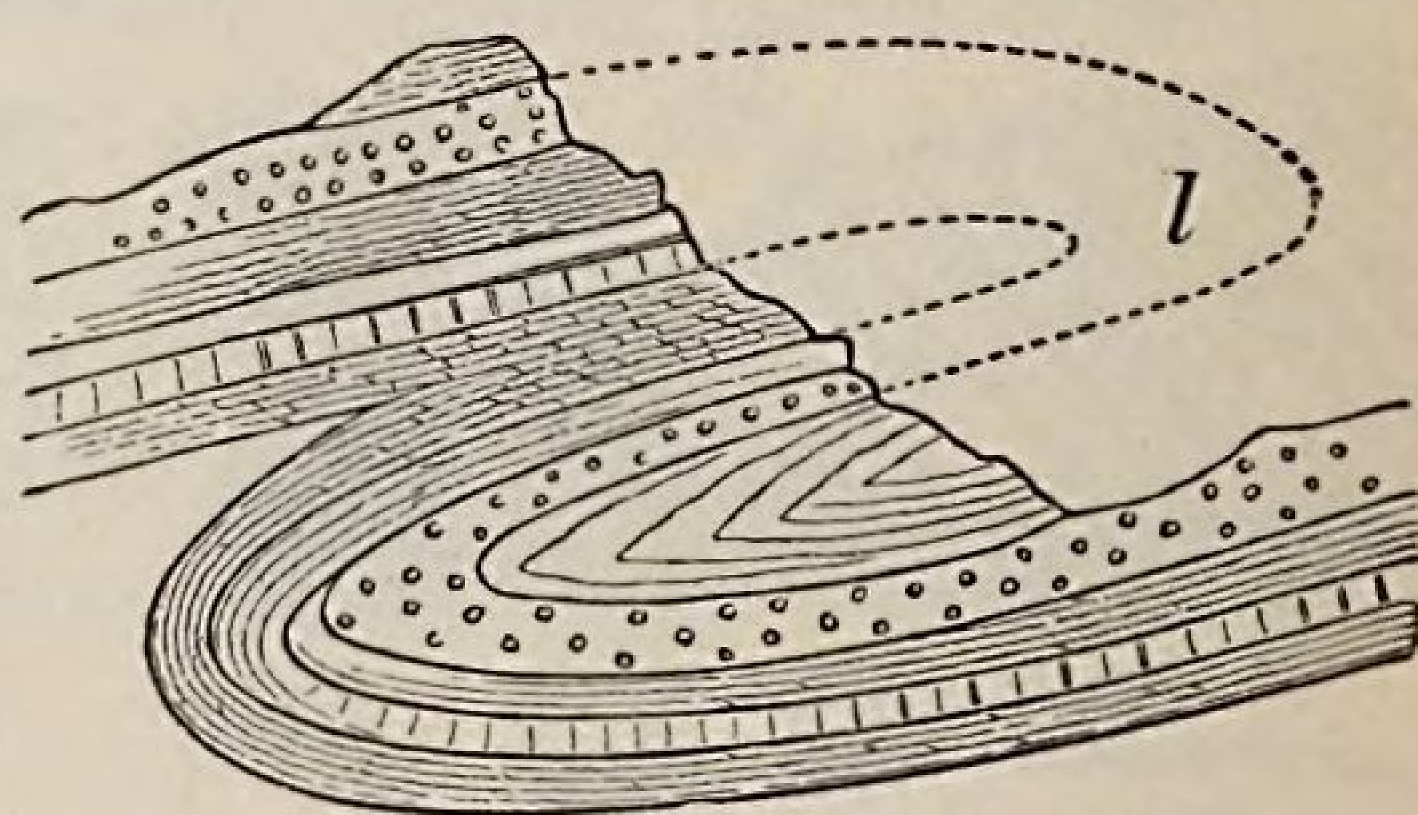


Fig. 36. Liegende Falte. Nach Heim.
l Luftsattel

lichen Lagerung befinden, sondern daß deren Lagerungsverhältnisse vielfach gestörte sind. Diese Schichtenstörungen werden durch zweierlei Umstände und auf zweifache Weise hervorgerufen, nämlich durch **Faltungen** und durch **Spaltungen** und **Verwerfungen**.

Faltungen. Die Ursachen, welche die Faltungen von Gebirgsschichten hervorrufen, sind bei Besprechung der Gebirgsbildung schon erwähnt worden (S. 57—62). Was eine Schichtenfalte ist, erläutert besser als Worte die umstehende Abbildung (Fig. 34). Ein Faltensystem besteht aus einer Reihe von Schichtenauftreibungen und Erhöhungen,

den Sätteln, A und AT in derselben Figur. Zwischen zwei solche Sättel kommt eine Mulde zu liegen, ST in der Figur. Eine Mulde nennt man auch eine Synklinale; die Schichten fallen in einer Mulde von beiden Seiten nach einer Mittellinie hin, oder synklinal. Den Sattel kann man auch als Antiklinale bezeichnen; die Schichten fallen auf beiden Flügeln derselben antiklinal ein. Muß man sich den Sattel durch eine Fortsetzung der Schichten in der Luft vervollständigt denken, so nennt man denselben einen Luftsattel, l in Fig. 34. Je ein Sattel und eine sich daranschließende Mulde bilden eine Falte. Man unterscheidet stehende oder symmetrische Falten, A in Fig. 34,

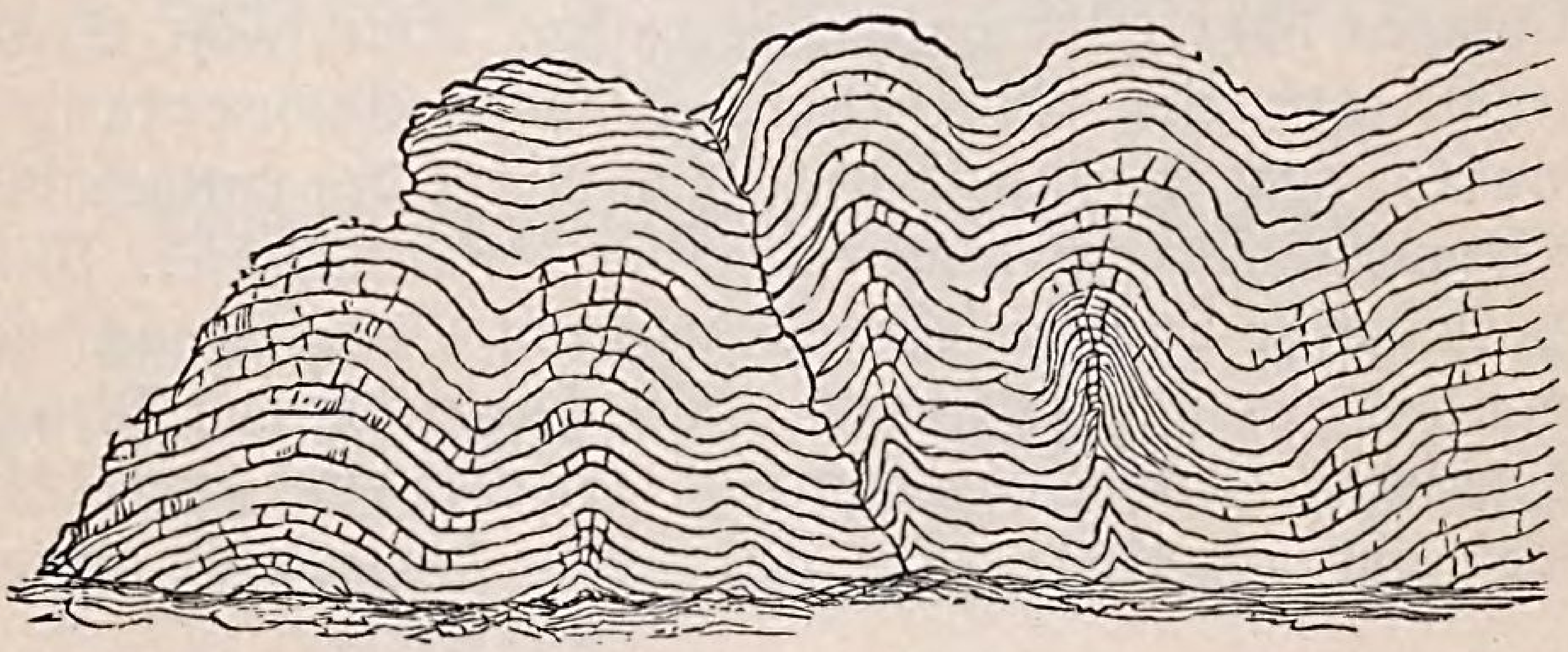


Fig. 37. Schichtenwindungen des Kieselschiefers bei Lautenthal im Harze.

geneigte und liegende oder überhängende Falten (Fig. 35 und 36). Bei diesen letzteren kann die Ueberkippung der Schichten so weit gehen, daß die Faltenflügel fast eine horizontale Lage erhalten, ja sogar, daß der eine Flügel förmlich über den andern geschoben wird. Oftmals ist die obere Umbiegung der Sättel, der Sattelkamm, von der Denudation und der Verwitterung zerstört worden, so daß nur noch die Faltenflügel stehen bleiben, wie wir gesehen haben, und ein mehr oder weniger entwickelter Luftsattel entsteht. Sind nun diese Faltenflügel zusammengequetscht worden, so entsteht eine eigentümliche Lagerungsform, die sogenannte fächerförmige Schichtenlagerung,

die sich sehr schön z. B. in den Zentralalpen findet. Man spricht auch von sog. gewundener Faltung. Aehnlich, wie die Faltungen im großen, an Gebirgen, vor sich gehen, finden sie auch im kleinen und in geringerem Maßstabe in einzelnen Schichtenkomplexen statt, die dann geknickt und gefältelt, auch gewunden sind, wie nachstehende Abbildung (Fig. 37, S. 107) zeigt.

Spaltenbildung und Verwerfung. Diese Vorgänge stehen oftmals mit der Faltung in engstem Zusammenhange. Unter Verwerfung versteht man die Verschiebung zweier Schichten in der Weise, daß die von einer Spalte durchschnittenen Schichten auf einer Seite derselben gehoben oder gesenkt, oder auch seitlich gehoben sind, so daß nun ihre Fortsetzungen nicht mehr aneinanderpassen. Eine solche Spalte nennt man eine Dislokations- oder Verwerfungsspalte, auch Sprungkluft. Die Größe der stattgehabten Niveauveränderung nennt man die Sprunghöhe. Diese Sprunghöhe variiert sehr. Man kennt Verwerfungen von nur wenigen und solche von vielen Hunderten von Metern. Eine solche Verwerfungsspalte ist entweder eine vertikale, oder eine geneigte (Fig. 38). Eine Gegend ist oftmals

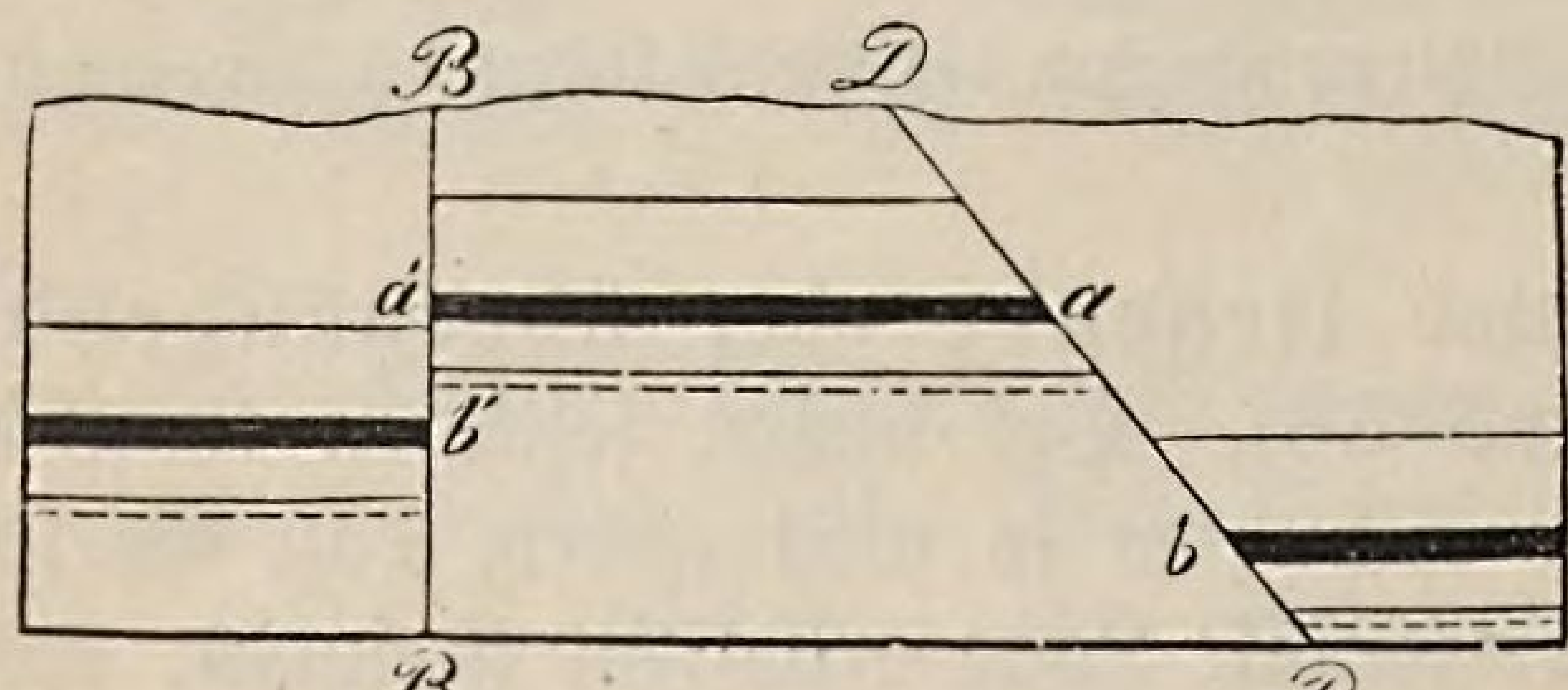


Fig. 38. Verwerfungen. B vertikale, D geneigte Verwerfungsspalte — a b und a′ b′ Sprunghöhe.

von einer ganzen Reihe von Verwerfungsspalten durchschnitten, die dann entweder einander parallel verlaufen oder sich unter den verschiedensten Winkeln kreuzen und schneiden (siehe Fig. 39). Laufen diese Verwerfungsspalten parallel miteinander, so entstehen sogenannte treppenförmige

Verwerfungen (Fig. 40), oder es finden Ueberschiebungen statt, wobei man noch die Mitwirkung eines lateralen Druckes annehmen muß (Fig. 41 A), oder Einkeilungen (Fig. 41 B), auch Schichtenstauchungen (Fig. 41 C) können dadurch entstehen.

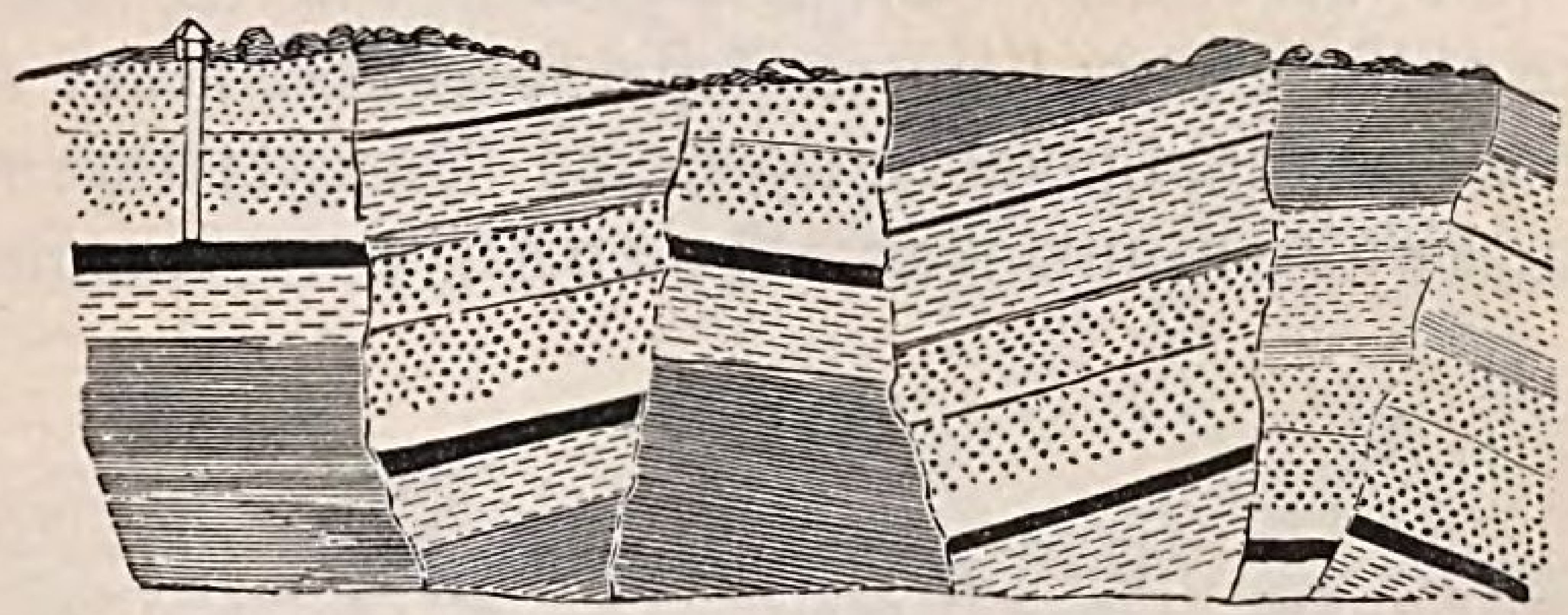


Fig. 39. Vielfach zerstückelte und verworfene Schichten der Steinkohlenformation von Auckland in Durham.

Lagerungsverhältnisse der Eruptivgesteine.

Die Formen, in welchen die massigen Gesteine in der festen Erdkruste auftreten, sind von sehr verschiedener Gestalt. Man findet sie in Gängen, in Stöcken, in Kuppen, in Strömen, in Decken, in Lagern ꝛc.

Gänge. Unter einem Gange versteht man die Ausfüllung einer Spalte. Die Gebirgsmasse, welche einen Gang einschließt, nennt man das Nebengestein des Ganges, und zwar, wenn der Gang keine senkrechte Spalte ausfüllt, das Darüberliegende das Hangende, das Untenliegende das Liegende. Die Kontaktfläche zwischen dem Gange und dem Nebengestein nennt man das Salband. Diejenigen Spaltenausfüllungen, welche der

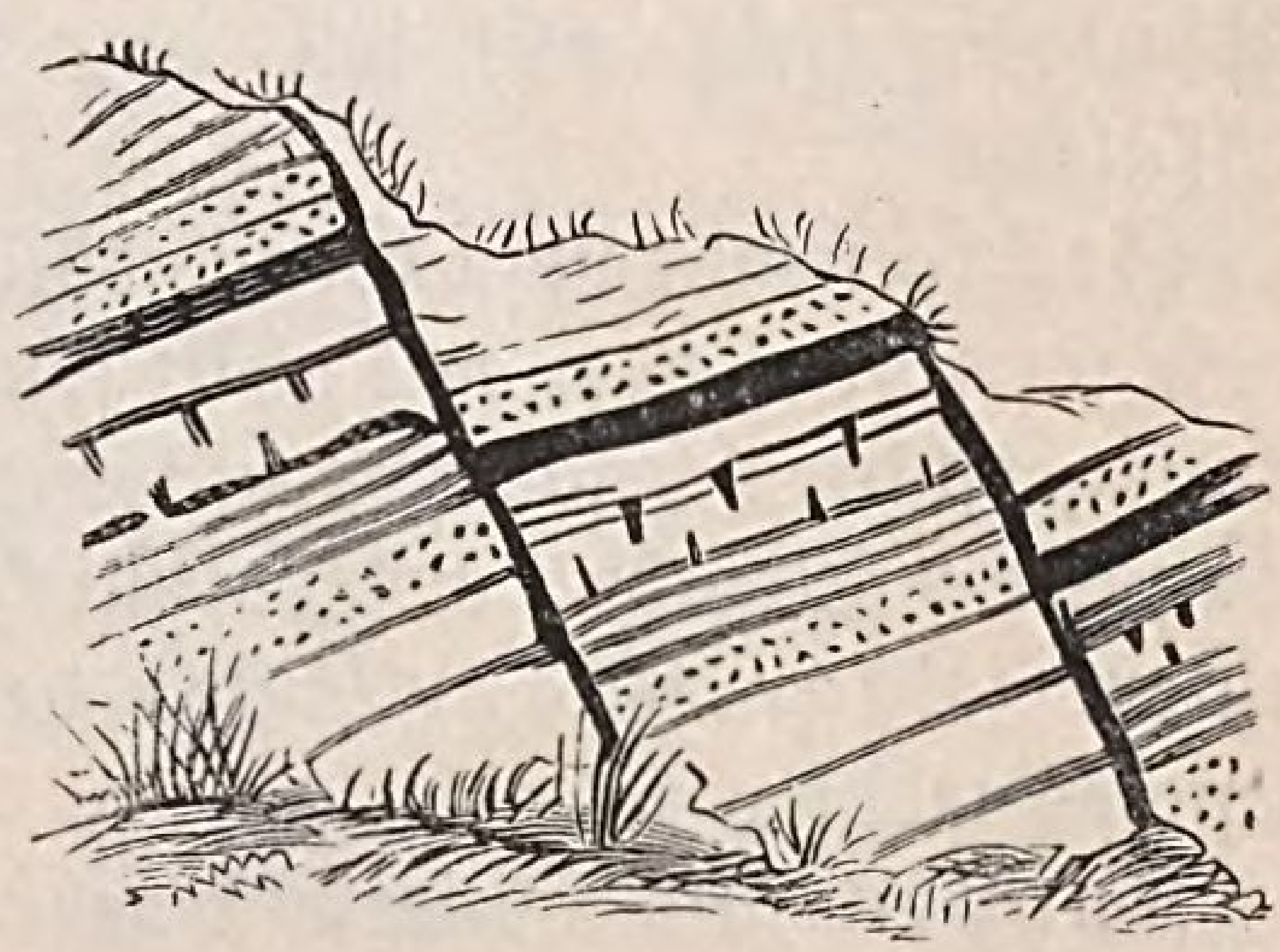
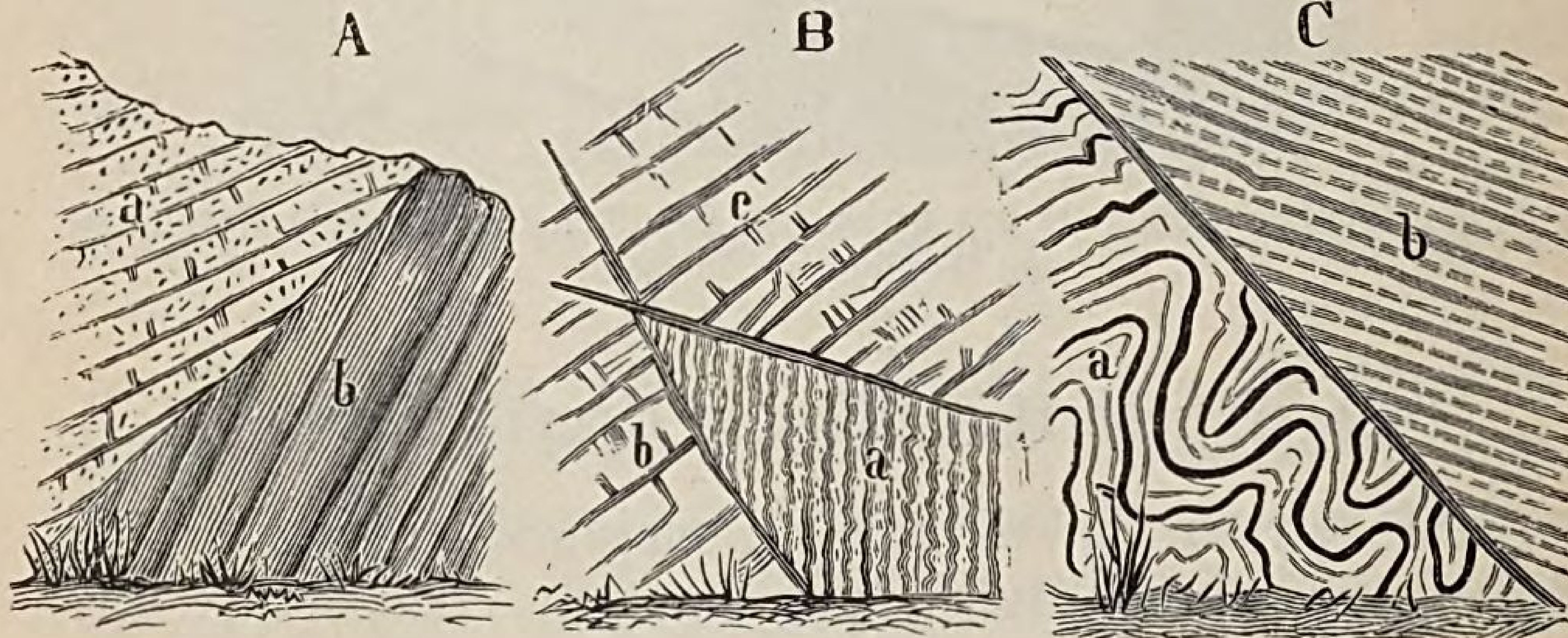


Fig. 40. Treppenförmige Verwerfungen.

Schieferung oder Schichtung des Nebengesteins parallel laufen, nennt man Lagergänge, weil sie Lagern sehr ähnlich sind; diejenigen dagegen, welche auf der Grenze zweier ungleichen Gesteine verlaufen, Kontaktgänge; alle übrigen, welche Gesteine nach verschiedenen Richtungen durchsetzen, sind überhaupt Gänge. Gabelt sich ein Gang in mehrere größere oder kleinere Aeste, so zertrümert er sich. Solche vom Hauptgange ausgehende Gangtrümer oder Nebengänge nennt man Apophysen. Nachstehende



A Ueberschiebungen. B Einkeilungen. C Schichtenstauchungen.
Fig. 41.

Abbildung (Fig. 42) soll das Vorkommen von Gängen erläutern.

Stöcke nennt man Gesteinsbildungen von ganz unregelmäßiger Form, aber mit meist scharfen Umgrenzungen. Bei Erzlagerstätten besonders unterscheidet man stehende und liegende Stöcke; erstere durchschneiden die Schichtung, letztere (Lagerstöcke) laufen der Schichtung des Nebengesteins meist parallel.

Kuppen sind isolierte kegel- oder glockenförmige Aufstauungen eruptiven Gesteinsmaterials, deren jetzt verstopfte Eruptivkanäle Gänge und gangförmige Stöcke sind (Credner). Es sind meist Phonolithe, Trachyte und Basalte, welche solche Kuppen bilden. Viele Kuppen sind aus Decken entstanden, infolge der Erosionswirkungen des Wassers.

Ströme sind erstarrte ursprünglich glutflüssige Gesteinsmassen, welche nach ihrer Eruption und von ihrem Eruptionspunkte aus sich nach abwärts, meist auf steil geneigtem Untergrunde, bewegt haben. Hierher gehören die rezenten Lavaströme, die oft großes Unheil anrichten, die Basaltströme der Tertiärzeit ꝛc.

Decken. So nennt man eruptives Gesteinsmaterial, das durch Gänge an die Erdoberfläche hervortrat und sich hier wie eine Decke über die durchbrochenen Gesteinsschichten

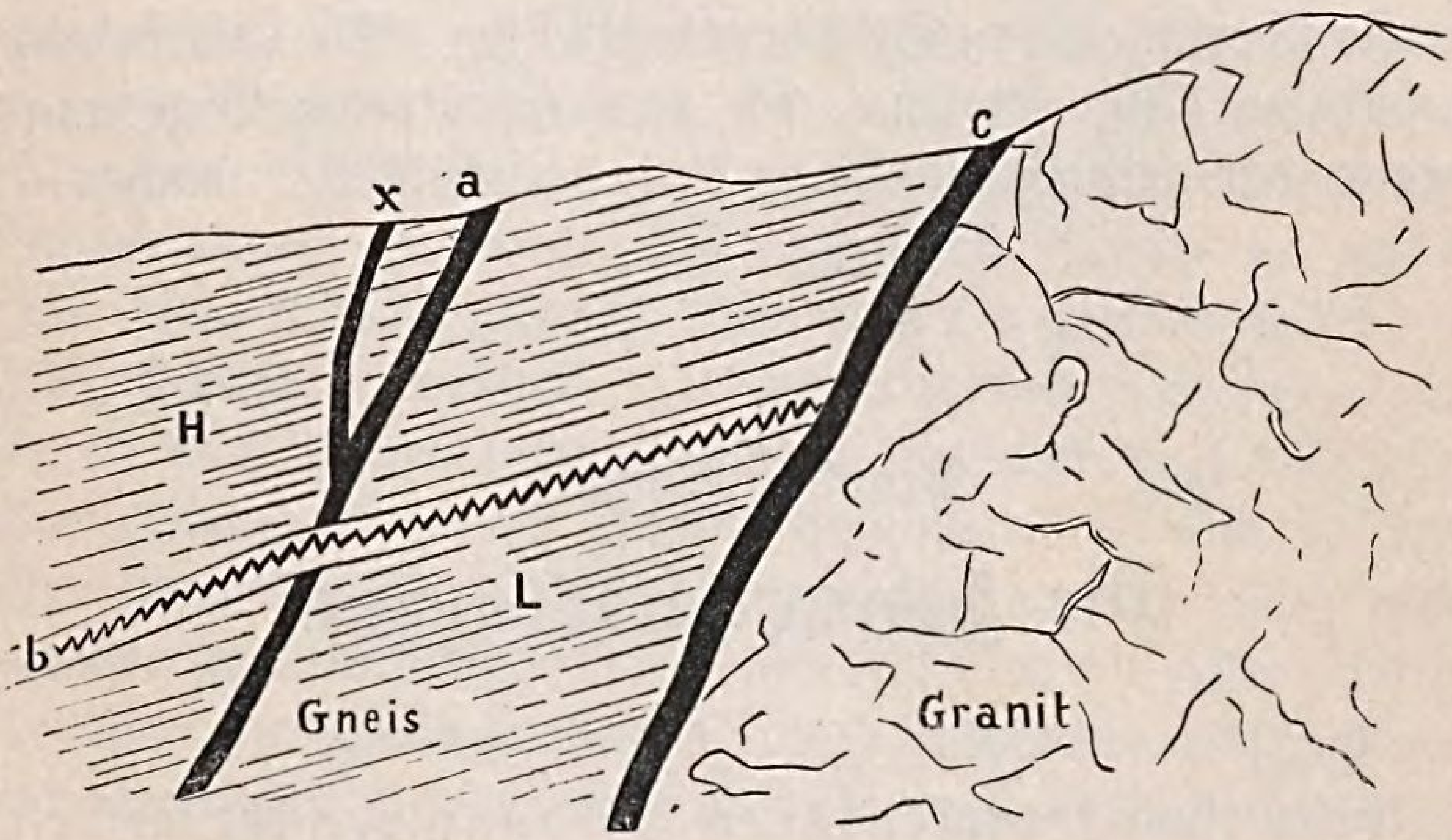


Fig. 42. a ist ein gewöhnlicher Gang; b ein Lagergang, der der Schieferung des einschließenden Gneises parallel streicht und fällt; c ein Kontaktgang an der Grenze zwischen Gneis und Granit; x ein Ausläufer oder hangendes Trum des Ganges a; H ist das Hangende für die Gänge a und b; L ist das Liegende für die Gänge a und b.

gelagert hat. Solche Decken besitzen oft beträchtliche Ausdehnung. Ein Stock oder auch eine kleinere Decke, die nicht bis zur Erdoberfläche empordrangen, sondern zwischen anderen Gesteinsschichten eingeschlossen geblieben sind, nennt man Laccolithe. Solche Laccolithe senden manchmal in das Nebengestein Apophysen aus. Viele heute als Decken und Stöcke erscheinende Eruptivgesteine mögen ehemals Laccolithe gewesen und erst durch Denudation zu Decken und Stöcken geworden sein. Sind solche Decken in späteren

Perioden von sedimentären Gesteinen bedeckt worden, so wurden sie zu Lagern. Sie sind also stets älter, als

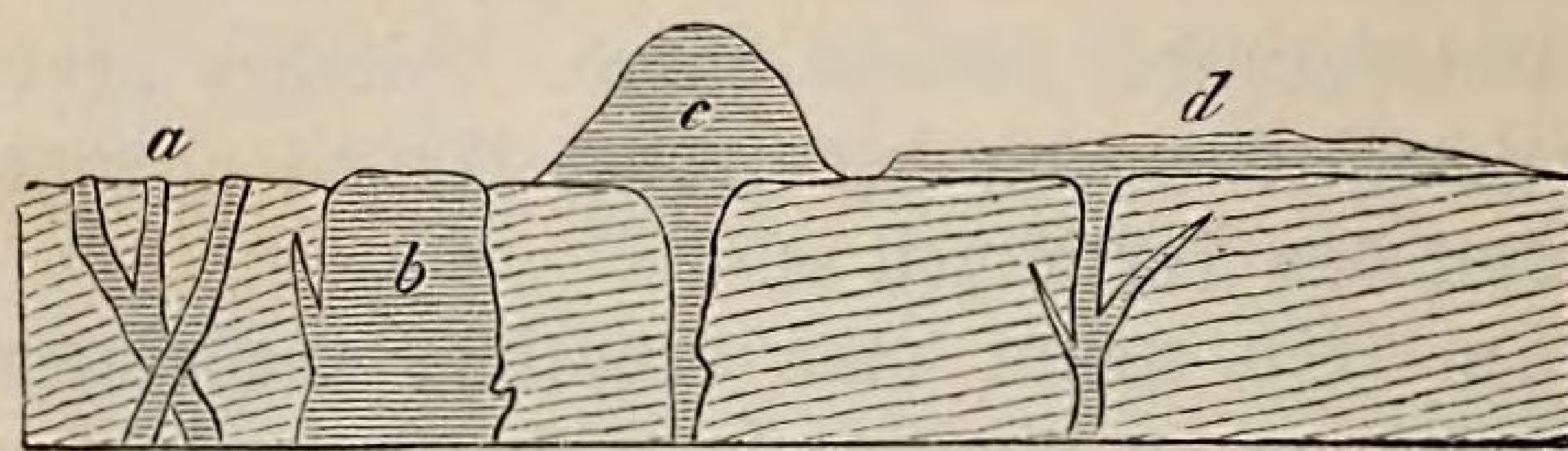


Fig. 43. a Gänge; b Stock; c Kuppe; d Decke.

die sie überlagernden Sedimentärschichten. Die obenstehende Abbildung (Fig. 43) mag die hier erläuterten Lagerungsformen der massigen Gesteine noch verständlicher machen.

Neunter Abschnitt.

Die Sedimentärbildungen.

Unter einer sedimentären Bildung versteht man eine Anzahl durch Wasser abgelagerter Gesteinsschichten, welche unter ganz oder ziemlich gleich bleibenden Umständen in einer und derselben geologischen Periode übereinander abgelagert worden sind. Die Sedimentärbildungen liegen in der Hauptsache nach ihrem Alter geordnet schichtweise übereinander.

Das Alter der Sedimentärbildungen läßt sich, soweit es sich um deren absolutes Alter handelt, nicht bestimmen. Unter absolutem Alter verstehen wir das Alter nach einem bestimmten Zeitmaße von Jahren ausgedrückt. Wohl aber spricht man vom relativen Alter der einzelnen Bildungen. Man versteht darunter das gegenseitige Altersverhältnis zweier Bildungen, das gegenseitige Aelter- oder Jüngersein derselben. Das relative Alter der Sedimentär-

bildungen läßt sich durch deren Uebereinanderlagerung, dann aber auch durch die darin enthaltenen Fossilien, d. h. Ueberreste von organischen Körpern, bestimmen.

Die Uebereinanderlagerung entscheidet insofern über das relative Alter zweier Sedimentärbildungen, als da, wo aus Wasser abgelagerte geschichtete Gesteine sich noch in ihrer ursprünglichen gegenseitigen Lage, der sogenannten Lagerung, befinden, allemal die untersten Gesteinsschichten älter sein müssen als die darüberliegenden. Durch ihre Lagerungsreihe kann man daher ihre Altersreihe bestimmen. Dies gilt selbstverständlich nur für die horizontal gelagerten Schichten, denn da, wo diese Schichten durch steile Aufrichtungen, Biegungen, Zersprengungen und Verwerfungen in ihrer ursprünglichen Lagerung gestört sind, können Täuschungen über deren relatives Alter dadurch veranlaßt werden. In einem solchen Falle muß man die in den betreffenden Schichten enthaltenen Fossilien zu Rate ziehen. Man hat nämlich gefunden, daß die ungleich alten Gesteinsablagerungen stets ungleiche, die gleich alten dagegen ziemlich gleiche Arten von Fossilien enthalten. Nachdem man nun durch Erfahrung die Fossilien der verschiedenen übereinander liegenden Gesteinsbildungen oder Formationen kennen gelernt hat, läßt sich aus ihnen auch umgekehrt das relative Alter der Sedimentärbildungen bestimmen, selbst dann, wenn ihre Lagerung undeutlich oder sehr gestört ist. Allerdings sind Fossilien der gleichalterigen Gesteinsablagerungen nicht immer ganz gleich, was daher kommt, daß es von Anfang an Wasser- und Landbildungen, Süßwasser- und Meereswasserablagerungen, seichte und tiefe Meere gab. Man kann in den meisten Fällen erkennen, unter welchen Umständen die Bildung einer Fossilien einschließenden Gesteinsschicht erfolgte. Ja, man kann sogar unter den Fossilien die Bewohner der Tiefsee von denjenigen der felsigen oder schlammigen Meeresküsten unterscheiden und selbstverständlich auch die Meertiere von den Süßwasser- oder gar von den Landtieren.

Facies. Gleichalterige, aber unter verschiedenen Umständen erfolgte Gesteinsablagerungen hat man Facies benannt. Man spricht also z. B. von einer Tiefseefacies oder von einer Süßwasserfacies dieser oder jener sedimentären Bildung.

Die klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche in den verschiedenen geologischen Zeiträumen sind, wie man aus den Fossilien schließen kann, nicht immer dieselben gewesen wie in der Jetztzeit. Die Mitteltemperatur in den älteren geologischen Perioden muß wohl eine höhere und eine überall gleichmäßigere gewesen sein als jetzt. Das geht schon daraus hervor, daß sich in der Verteilung der Tier- und Pflanzenspezies in diesen Perioden keine so deutlichen klimatischen Zonenunterschiede erkennen lassen, wie sie jetzt bestehen. Man bemerkt z. B. keinen konstanten Unterschied wie jetzt zwischen den nahe am Aequator oder gegen die Pole hin fossil gefundenen Arten und in den nördlichsten Breiten findet man Formen, wie solche jetzt für die Tropenländer charakteristisch sind. Diese höhere Temperatur scheint erst ganz allmählich aufgehört zu haben, denn in den neueren Ablagerungen zeigen sich schon Zonenunterschiede in der Verteilung der Tier- und Pflanzenreste; nur in den älteren verschwinden dieselben mit dem höheren Alter mehr und mehr. Diese allmähliche Temperaturabnahme muß man sich durch sehr langsame Abkühlung des Erdkörpers aus einem zuerst heißflüssigen Zustand ꝛc. erklären.

Einteilung der Sedimentärgesteine.

Die Sedimentärgesteine werden eingeteilt nach folgenden, von den speziellsten zu immer allgemeineren aufsteigenden Abstufungen: Schichten, Schichtengruppen oder Formationsglieder, Formationen oder Systeme und Formationsgruppen oder Aeren, welche meist noch besondere Benennungen erhalten haben. Diese räumlichen Abteilungen lassen sich zugleich als Vertreter bestimmter ungleicher Zeiträume betrachten.

Die Schicht hat die kleinste, am wenigsten umfassende Bedeutung; sie ist das Resultat des kürzesten geologischen Zeitabschnittes. Die Schichtengruppe oder das Formationsglied nennt man eine unbestimmte Anzahl innig miteinander verbundener und ihrem Inhalte nach nahe übereinstimmender Schichten. Unter Formation oder System versteht man eine unbestimmte Anzahl zusammengehöriger Schichten oder Schichtengruppen, aus deren Natur und Lagerung hervorgeht, daß sie alle unter ähnlichen Umständen, ohne Unterbrechung, nacheinander abgelagert worden sind. Unter einer Formationsgruppe oder einer Aera endlich begreift man eine Anzahl geographisch und geologisch miteinander verbundener und zusammengehöriger Formationen oder Systeme, die aber nicht ohne Unterbrechung und unter ganz gleichen Umständen gebildet sind, d. h. es können in einer solchen Gruppe z. B. Süßwasser- und Meeresablagerungen miteinander verbunden sein.

Einteilung der Bildungszeiträume.

Man teilt dieselben von den ältesten zu den immer jüngeren vorschreitend wie folgt ein:

1. Archäische Formationsgruppe oder Aera.
2. Paläozoische Formationsgruppe oder Aera.
3. Mesozoische Formationsgruppe oder Aera.
4. Känozoische Formationsgruppe oder Aera.

Die Ablagerungen dieser verschiedenen Zeiträume oder Perioden liegen nicht überall übereinander, und in ihrer Reihe sind oft große Lücken vorhanden. Es fehlen sogar in manchen Gegenden alle deutlich sedimentären Gesteine, und die Oberfläche besteht nur aus metamorphischen oder eruptiven Gesteinen. Auch finden sich die neueren Ablagerungen nicht immer in den höheren und die älteren in den tieferen Gegenden unserer Erde. Sehr oft findet man gerade umgekehrt die ältesten Ablagerungen in den höchsten Gebirgsgegenden, die jüngsten dagegen in den

Niederungen. Es ist dies eine Folge der vielfachen Erhebungen und zuweilen auch Senkungen, welche die feste Erdkruste lokal erlitten hat und zuweilen noch erleidet.

Die petrographische Beschaffenheit der Ablagerungen der verschiedenen Altersperioden. Die Gesteine der Ablagerungen verschiedener Altersperioden sind nicht konstant verschieden, und die gleich alten sind nicht immer unter sich gleich. Man kann überhaupt im allgemeinen das Alter der Ablagerungen aus der Natur ihrer Gesteine nicht erkennen. In den neuesten wie in den ältesten Ablagerungen finden sich zuweilen ganz gleiche, und in gleich alten Ablagerungen verschiedener Gegenden sehr ungleiche Gesteine vor. Auch in seiner petrographischen Beschaffenheit äußert sich bei einem Formationsgliede oftmals die Art und Weise seiner Entstehung, d. h. ob dasselbe eine Meeres- oder eine Süßwasserbildung, eine Ablagerung des Seichtwassers oder der Tiefsee ist (siehe hier den Begriff „Facies" Seite 113).

Die Gesteinsbeschaffenheit kann aber nichtsdestoweniger in Gegenden, welche in dieser Beziehung bekannt sind, zur Altersbestimmung der Ablagerungen benützt werden, da innerhalb bestimmt zusammengehöriger Ablagerungsgebiete die Aufeinanderfolge der Schichten in ihrer mineralischen Natur sich oft über sehr große Strecken hin gleich bleibt, so daß man das relative Alter jeder einzelnen Schicht zuweilen aus ihrem mineralischen Zustande erkennen kann. Auch bestehen in mineralischer Hinsicht im allgemeinen bedeutende Unterschiede zwischen den älteren und den neueren Ablagerungen.

Die Alterseinteilung der einzelnen Formationen oder Perioden.

Archäische Formationsgruppe oder Aera.
  Urgebirgsformation oder Urgebirgssystem.
Paläozoische Formationsgruppe oder Aera.
  Cambrische Formation oder cambrisches System.
  Silurformation oder silurisches System.

Devonformation oder devonisches System.
Steinkohlenformation oder karbonisches System.
Dyasformation oder permisches System.
Mesozoische Formationsgruppe oder Aera.
Triasformation oder triassisches System.
Juraformation oder jurassisches System.
Kreideformation oder cretaceisches System.
Känozoische Formationsgruppe oder Aera.
Tertiärformation oder tertiäres System.
Quartärformation oder quartäres System.

Die Zeiträume, denen diese Abeilungen entsprechen, sind von sehr ungleicher Größe.

Die Trennung dieser Abteilungen beruht auf der thatsächlichen Verschiedenheit der Ablagerungen nach ihrer Zusammensetzung, Verbreitung und den darin enthaltenen Fossilien in den bis jetzt geologisch am besten bekannten Erdgegenden.

Die Ausbreitung der einzelnen Formationen über die ganze Erdoberfläche ist eine sehr ungleiche. Sie sind alle auf mehr oder weniger große Verbreitungsgebiete beschränkt; darüber hinaus, in anderen Gebieten, sind sie aber zuweilen durch gleich alte Ablagerungen von anderer Beschaffenheit, sogen. Parallelformationen oder Aequivalente, vertreten, denen man, wo das nachweisbar ist, dann allerdings trotz ihrer Verschiedenheit dieselben, zuweilen aber auch neue Namen zu geben pflegt.

Die Benennung der einzelnen Abteilungen beruht auf sehr verschiedenen Umständen, z. B. auf petrographischen Zuständen in gewissen Normalgegenden. So spricht man von der Kreideformation, von der Buntsandsteinformation. Sodann beruhen diese Namen auch auf Lokalitäten, in denen die Selbständigkeit der betreffenden Formation zuerst erkannt wurde, so z. B. die Juraformation, oder auf vulgären Bezeichnungen, wie z. B. Keuper, eine Unterabteilung des triassischen Systems, oder auf Ansichten über ihre Bildungsweise, wie Dilu-

vialformation oder Diluvium, zum Quartär gehörig. Die Benennungen der Unterabteilungen des tertiären Systems, als Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän, bezeichnen auch wohl ohne weiteres eine Zeiteinteilung und sind dann ganz unabhängig von der besondern lokalen Zusammensetzung.

Zehnter Abschnitt.

Die Fossilien oder Versteinerungen.

Die Fossilien oder Versteinerungen sind Ueberreste oder Spuren von Tieren und Pflanzen, welche in den sedimentären Gesteinen gefunden werden und zu derjenigen Zeit gelebt haben, in welcher die betreffenden Sedimente abgesetzt worden sind.

Erhaltungszustand der Fossilien. Die Fossilien sind sehr verschiedenartig erhalten. Man findet gewöhnlich nur die festeren Teile von Tieren oder Pflanzen in fossilem Zustande; von den Pflanzen meist die Stämme, die Zweige und Blätter, seltener dagegen die Blüten und die fleischigen Früchte, von den Tieren die Knochen und Zähne, die Schuppen und die kalkigen Schalen und Gehäuse, doch kommen, besonders in Ablagerungen, die in ruhigen Gewässern niedergeschlagen worden sind, Fossilien vor, welche uns die feinsten und zartesten Teile der betreffenden Tiere oder Pflanzen noch erkennen lassen. Sehr häufig findet man nur den Ausguß der inneren Hohlräume gewisser Organismen, die sogenannten Steinkerne, oder nur die Abdrücke von Tieren und Pflanzen, ja sogar nur ihre Spuren und Fährten. Die Fossilien sind nicht immer leicht zu erkennen, denn sie sind vielfach schlecht erhalten,

zerdrückt, überhaupt unkenntlich und nur mit großer Mühe noch bestimmbar geworden.

Verschiedenheit der Fossilien. Die Fossilien der ungleich alten Ablagerungen sind stets voneinander verschieden, weil, wie das nachher weiter ausgeführt werden wird, das organische Leben auf der Erdoberfläche von Anfang an stets fortschreitend sich verändert und immer höher entwickelt hat. Desgleichen kommt es oftmals vor, daß die Fossilien der gleichalten Ablagerungen nicht stets ganz gleich sind, und zwar, weil es, wie schon erwähnt worden ist, von Anfang an Wasser und Land, Süßwasser und Meereswasser, seichte und tiefe Meeresstrecken auf der Erde gab, und weil von Anfang an die einzelnen Tier- und Pflanzenspezies zum Teil danach auf bestimmte Verbreitungsgebiete beschränkt waren.

Leitfossilien oder Leitmuscheln nennt man für die einzelnen Formationen oder Formationsglieder ganz besonders charakteristische fossile Ueberreste. So sind z. B. die echten Ammoniten die Leitfossilien für die Ablagerungen der mesozoischen Zeit, einzelne Ammonitenfamilien wiederum die Leitfossilien für die einzelnen Etagen der Juraformation und gewisse Ammonitenspezies schließlich die Leitfossilien für die einzelnen Schichten dieser Etagen.

Die Uebereinstimmung der fossilen Organismen mit den heute noch lebenden. Die heute lebende Tier- und Pflanzenwelt stimmt nur zum Teil mit den fossilen Tier- und Pflanzenarten überein. In den meisten Fällen weichen die heute lebenden Organismen von den fossilen ab; dann spricht man von ausgestorbenen Formen. Diese Abweichung ist um so größer, als die Ablagerungen, aus welchen die in Frage kommenden Fossilien stammen, älter sind, so daß man mit der jetzigen organischen Welt übereinstimmende Formen nur in den neueren oder jüngeren Ablagerungen findet. Die Verschiedenheit zwischen den ausgestorbenen Formen und den jetzigen ist manchmal so groß, daß man dieselben in den lebend bekannten Geschlechtern und

Familien nicht hat unterbringen können und deshalb gezwungen war, für dieselben ganz neue Abteilungen zu machen. Es haben in den ältesten geologischen Perioden die am höchsten organisierten Tiere und Pflanzen, z. B. alle Säugetiere und die angiospermen Dikotyledonen, ganz gefehlt, und es läßt sich daraus schließen, daß das organische Leben auf der Erdoberfläche sich allmählich von den niedersten, einfachsten Formen zu immer höher organisierten, mannigfaltigeren und vollkommeneren entwickelt habe.

Die Entwickelung der organischen Welt in den geologischen Perioden ist also der Erfahrung gemäß eine stetig fortschreitende gewesen, derart, daß immer neue, immer mehr und in der Regel immer vollkommener organisierte Arten und Geschlechter an die Stelle der allmählich aussterbenden getreten sind, so daß sich die belebte Welt unausgesetzt verändert hat, ähnlich wie sich die gleichzeitig lebenden Individuen irgend einer Spezies unausgesetzt ändern. Die gleichzeitig lebenden Arten waren deshalb in jeder geologischen Periode etwas anders, und nachdem man ihre Aufeinanderfolge durch Beobachtung erkannt hat, kann man mit Hilfe dieser Erfahrungen aus den in irgend einer Ablagerung zusammen vorkommenden Fossilien das relative Alter derselben erkennen. Die Aenderungen der organischen Schöpfung sind — wofür alle Erfahrungen sprechen — nur stets allmählich eingetreten, und zwar derart, daß in keiner Periode die ganze organische Bevölkerung durch eine Katastrophe vernichtet und dann eine neue an deren Stelle getreten wäre, wie denn überhaupt in der ganzen Entwickelungsgeschichte unseres Erdkörpers wahrscheinlich zu keiner Zeit plötzliche, ganz allgemeine Aenderungen eingetreten sind (die Katastrophentheorie der früheren Geologen), sondern stets nur allmähliche oder nur lokal plötzliche (die Aktualitätstheorie, vom englischen Geologen Lyell begründet). Zuerst treten die nieder organisierten Tiere auf, Foraminiferen, Schwämme, die Korallentiere, die Mollusken, Krustaceen und Fische, die Kryptogamen

und die Koniferen, und zwar meist nur Typen, die gänzlich ausgestorben sind. Daran schließen sich die Reptilien und die Cycadeen, dann kommen die Vögel, Säugetiere und phanerogamen Pflanzen zum Vorschein, und erst zuletzt erscheinen die Affen und der Mensch.

Elfter Abschnitt.

Die archäische Formationsgruppe oder Aera.

Die Urgebirgsformation oder das Urgebirgssystem.

Die Urgebirgsformation besteht aus Gneisen der verschiedensten Varietäten, so aus Glimmergneisen, Hornblendegneisen, Chloritgneisen, Talkgneisen rc. Besonders die Glimmergneise besitzen große Verbreitung (Biotitgneise und Muskovitgneise). Neben den Gneisen nehmen an dem Aufbau des Urgebirgssystems besonders teil die Glimmerschiefer und die Phyllite, letztere als echte Thonglimmerschiefer oder auch als Thonschiefer. In mehr untergeordneter Weise finden sich Quarzite, Sandsteine rc. Hervorzuheben sind die meist linsenförmigen Einlagerungen von körnigem Kalk, von sogenanntem Urgebirgskalk in den Gesteinen der Urgebirgsformation. Dergleichen Linsen wechseln sehr in ihren Dimensionen; man kennt solche von nur wenigen Centimetern Durchmesser und wiederum andere, welche eine Längenausdehnung von über hundert Metern besitzen. An der Berührungsstelle dieser Kalklinsen mit den sie umschließenden krystallinischen Schiefern treten vielfach Kalksilikate in größerer Menge auf, Granat, Vesuvian, Titanit rc., Kontaktmineralien, wovon schon früher die Rede war. In diesen Kalklinsen kommt auch das eigentümliche, früher für eine riesige Foraminifere angesehene Gebilde vor, das Eozoon canadense, dessen anorganische Natur heute kaum mehr an-

gezweifelt werden dürfte. Der Quarzit bildet ebenfalls mächtige Einlagerungen im Urgebirge; als Beispiel dafür nennen wir den bekannten „Pfahl“ im ostbayrischen Grenzgebirge, nach neuerer Ansicht ein Gang. Die Urgebirgsformation ist fossilfrei; zweifellose Spuren organischer Ueberreste sind bis zum heutigen Tage noch nicht darin nachgewiesen worden.

Als wichtigste Eruptivgesteine des Urgebirgssystems zählen wir Granite, Syenite, Diorite, Gabbros auf. Olivinfelse und Serpentine müssen ebenfalls noch erwähnt werden.

Einteilung des Urgebirgssystems. Zu unterst: die Urgneisformation (die Laurentische Formation Nordamerikas) mit vorwaltenden Gneisen, die in Gneisglimmerschiefer und in Glimmerschiefer, auch in Granite übergehen, und zu oberst: die Urschieferformation (die Huronische Formation Nordamerikas) mit vorwiegend aus Glimmerschiefern und phyllitischen Gesteinen bestehendem petrographischen Habitus.

Nutzbare Mineralien des Urgebirgssystems. Die Gesteinsreihe des Urgebirges zeichnet sich vor derjenigen aller anderen Systeme durch ihren Reichtum an solchen aus. So findet sich darin der Graphit, zum Teil fein verteilt im Gneis, zum Teil förmliche Lager in diesem Gestein bildend; man kennt ferner Silber-, Kupfer-, Zinn-, Eisenerze, auch Bleierzlagerstätten (Przibram in Böhmen), in großer Zahl, das Vorkommen von Gold, Platin, von den verschiedensten Edelsteinen (Diamant im Itakolumit) ist besonders an das Urgebirge gebunden.

Die Mächtigkeit des Urgebirges ist eine gewaltige und soll an etlichen Stellen unserer Erde an 30 000 Meter betragen.

Die Lagerungsverhältnisse des Urgebirges sind sehr verschieden. Nur in seltenen Fällen sind die Schichtenreihen dieser Formation noch horizontal gelagert; meistenteils sind dieselben mehr oder weniger gefaltet, aufgerichtet, oder auch sie befinden sich in fächerförmiger Stellung, wie z. B. im Zentralmassiv der Alpen.

Die Verbreitung des Urgebirgssystems ist eine sehr allgemeine, sie tritt allenthalben auf der Erde zu Tage; größere zu demselben gehörige Komplexe findet man in Deutschland: im Erzgebirge, im Böhmerwald, im Fichtelgebirge, in den Lausitzer Bergen, dem Riesengebirge, in den Sudeten, dem Spessart, Taunus, Odenwald, Schwarzwald, in den Vogesen. In größerer Ausdehnung tritt das Urgebirge ferner zu Tage in den Zentralalpen, in den skandinavischen Ländern, in Schottland, in Nord- und in Südamerika (Kanada, Anden, Brasilien), in Asien (China, Japan, Indien), in Afrika und in den nordarktischen Regionen (Grönland).

Ueber die Entstehung der Gesteine des Urgebirges ist schon früher das Nötige gesagt worden.

Zwölfter Abschnitt.

Die paläozoische Formationsgruppe oder Aera.

Die cambrische Formation oder das cambrische System.

Das cambrische System, dessen Name von einer alten Bezeichnung der Grafschaft Wales „Cambria" abgeleitet worden ist, woselbst man diese Formation in ihrer Entwickelung zuerst erkannt hat, bildet eine stellenweise an 3000 m mächtige Schichtenreihe, die, was ihren petrographischen Charakter betrifft, noch stark krystallinisch ausgebildet ist und vorherrschend thonige und quarzitische, zum Teil auch konglomeratartige Ablagerungen, Thonschiefer, Grauwacken und sogenannte „Grundkonglomerate", auch Sandsteine, sogar Thone, kalkige Sedimente dagegen nur in untergeordneter Weise umfaßt.

Die organischen Einschlüsse der cambrischen Schichtenreihe. In den untersten Schichten der cambrischen Formation treten die ersten unzweideutigen Spuren des organischen Lebens auf der Erde auf. Mit dem ersten Erscheinen desselben beginnt die paläozoische Aera, hier liegt also die Grenze zwischen der archäischen und der paläozoischen Formationsgruppe, die sich zweifelsohne im Laufe der Zeit und bei unserer zunehmenden Kenntnis von den Gesteinen unserer Erde weiter nach unten zu verschieben wird, falls es gelingen sollte, in noch tieferen Schichten zweifellose organische Ueberreste zu finden.

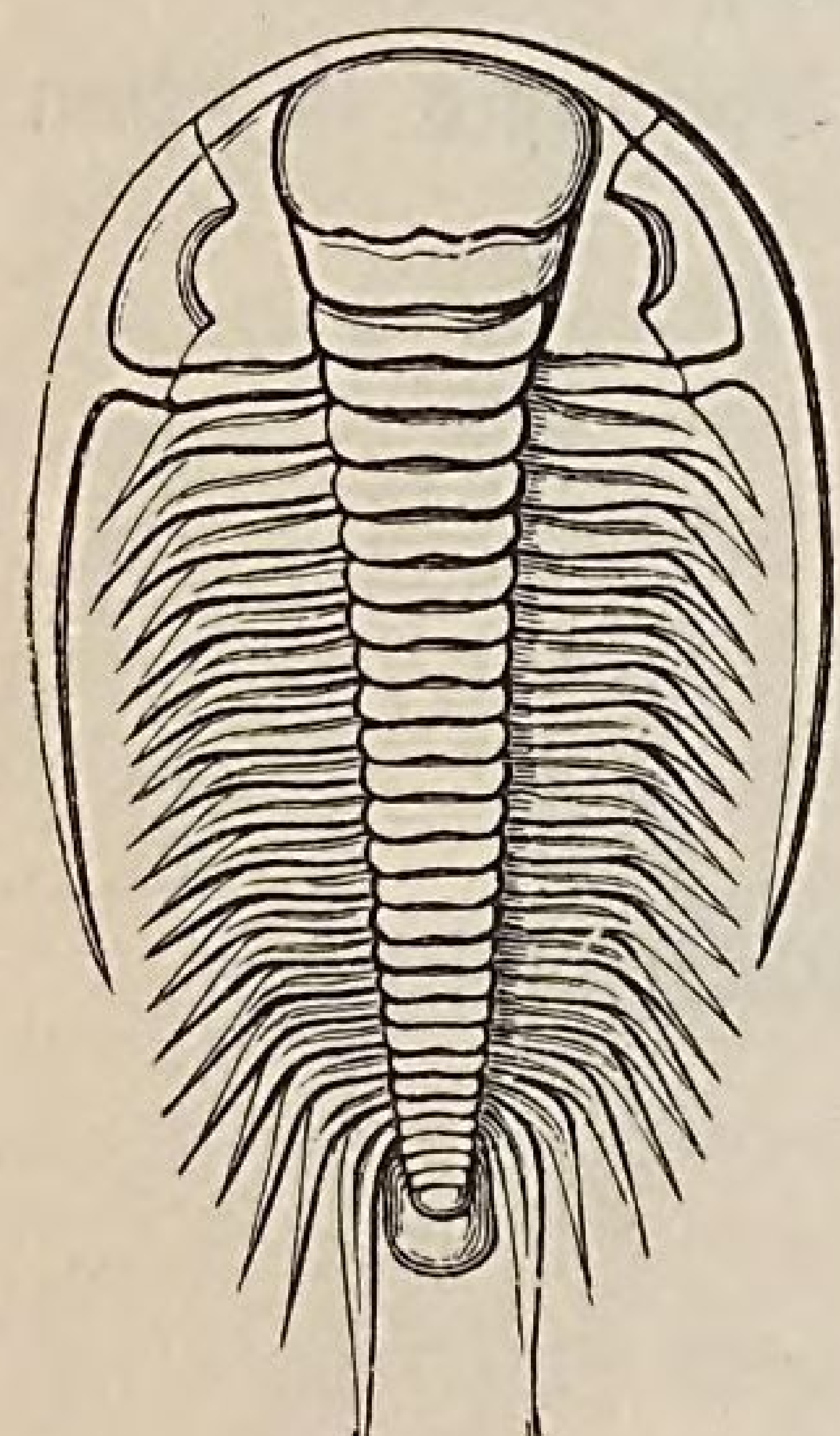


Fig. 44. Paradoxides bohemicus *Barr.*

Die Flora der cambrischen Schichtenreihe ist eine äußerst spärliche. Gebilde von mehr oder weniger zweifelhafter Natur, als Eophyton, Nereites, Cruziana (zum Teil nach neuerer Ansicht Kriechspuren von Würmern rc.), Oldhamia (vielleicht ein hydrozoenartiges Tier), treten oft in größerer Menge auf.

Die Fauna des Cambriums ist eine verhältnismäßig arme. Wichtig sind besonders die Brachiopoden (Lingula, Lingulella, Obolus, Obolella, Acrotreta) und die Trilobiten (Agnostus, Ellipsocephalus, Conocephalus, Olenus, Paradoxides, Fig. 44, Parabolina), sowie einige Graptolithen (Bryograptus, Dictyonema). Alle übrigen Tierformen sind verhältnismäßig spärlich oder gar nicht im Cambrium vertreten.

Gliederung der cambrischen Schichtenreihe.

Von unten nach oben:

Präcambrium (Algonkium, auch neuerdings als eigenes, algonkisches System von den cambrischen

Schichten ausgeschieden) auf den obersten krystallinischen Schiefern aufruhend, aus Phylliten, Chlorit-, Sericit- und anderen ähnlichen Schiefergesteinen, aus grauwackenartigen oder sandsteinartigen Quarziten, Kalk-, Eisensteinen u. s. f. zusammengesetzt.

Unteres Cambrium (Olenellus-Stufe), mit Fucoiden- und Eophytonresten, Lingulella ferruginea, Olenellus Kjerulfi u. s. f.

Mittleres Cambrium (Paradoxides-Stufe), mit Paradoxides, Agnostus, Ellipsocephalus u. s. f.

Oberes Cambrium (Olenus-Stufe), mit Olenus truncatus, gibbosus, Parabolina spinosa, Dictyonema u. s. f.

Verbreitung und Lagerungsverhältnisse der cambrischen Sedimente. Die Ablagerungen des Cambriums sind über die ganze Erde zerstreut und schließen sich zum Teil enge an die Schichten der archäischen Formationsgruppe an. Nur wenn die ersteren mit konglomeratartigen oder grobkörnigen ähnlichen Trümmergesteinen beginnen (Schottland, Norwegen, Schweden etc.), tritt meist eine abweichende, oftmals über die archäischen Schichten übergreifende Lagerung ein. Die ursprüngliche Lagerung der cambrischen Sedimente ist, wie diejenige des Urgebirges, stark gestört, gefaltet, zerklüftet und verworfen. Die cambrische Schichtenreihe ist in Deutschland nur in geringem Maße entwickelt, so im Fichtelgebirge, Thüringen, Vogtland (grünlich-graue Thonschiefer mit Quarziten, mit seltenen Ausnahmen fossilarm). Bedeutende cambrische Ablagerungen kennt man aber in England (Wales), in Skandinavien (Schweden, südliches Norwegen), in den russischen Ostseeprovinzen (blauer Thon, Fucoidensandstein, Ungulitensandstein), in Böhmen (untere und mittlere Stufe, die letztere auch Primordialstufe genannt). Auch Süd- und Nordfrankreich, Belgien, Sardinien weisen cambrische Schichten auf. In Nordamerika haben diese letzteren größere Verbreitung, so das Algonkium in Arizona, am Lake superior etc., das eigentliche Cambrium in Canada, Oststaaten der Union

(Vermont, Ohio, Pennsylvania), Neubraunschweig, Neufundland, Neuschottland, bis in die Nordpolarregionen hinein ꝛc. Auch in China und Korea kamen cambrische Schichten zum Absatz.

Eruptivgesteine und Mineralreichtum des cambrischen Systems.

Granite, Quarzporphyre, Diabase und melaphyrartige Gesteine sind die wichtigsten Eruptivgesteine der cambrischen Schichtenreihe. Hervorzuheben ist das berühmte Kupfervorkommen auf der Halbinsel-Keweenaw am Lake superior, deren westliche Hälfte aus Melaphyren, kupferführenden Diabasmandelsteinen, Konglomeraten und Sandsteinen aufgebaut ist und im rechten Winkel zu ihrer Längserstreckung von zahlreichen Gängen durchsetzt wird, die eine Mächtigkeit von wenigen cm bis zu 10 m aufweisen, auf welchen neben den Gangarten Calcit, Prehnit und Quarz gediegen Kupfer in bis zu 15000 Ctr. schweren Massen sich findet.

Die Silurformation oder das silurische System.

Das silurische System wird zusammengesetzt von Thonschiefern, Sandsteinen, Grauwacken und Kalksteinen, von letzteren nur in untergeordneter Weise, ferner von Dolomiten, Alaunschiefer, Quarziten, Kieselschiefern. Auch diese letztgenannten Gesteine treten nur in untergeordneter und lokaler Ausbildung auf.

Die Silurformation ist eine marine Bildung und von bedeutender Mächtigkeit.

Die Flora und die Fauna des Silursystems.

Im amerikanischen Untersilur (Cincinnati-Kalk) treten die ersten Landpflanzen auf, Psilophyton gracillimum und Sphenophyllum primaevum; kalkabscheidende Siphoneen, (Vermiporellen und Paläoporellen, haben sich im Gebiete des baltisch-skandinavischen Silurs an der Gesteinsbildung wesentlich mitbethätigt. Die Fauna weist schon einen beträcht-

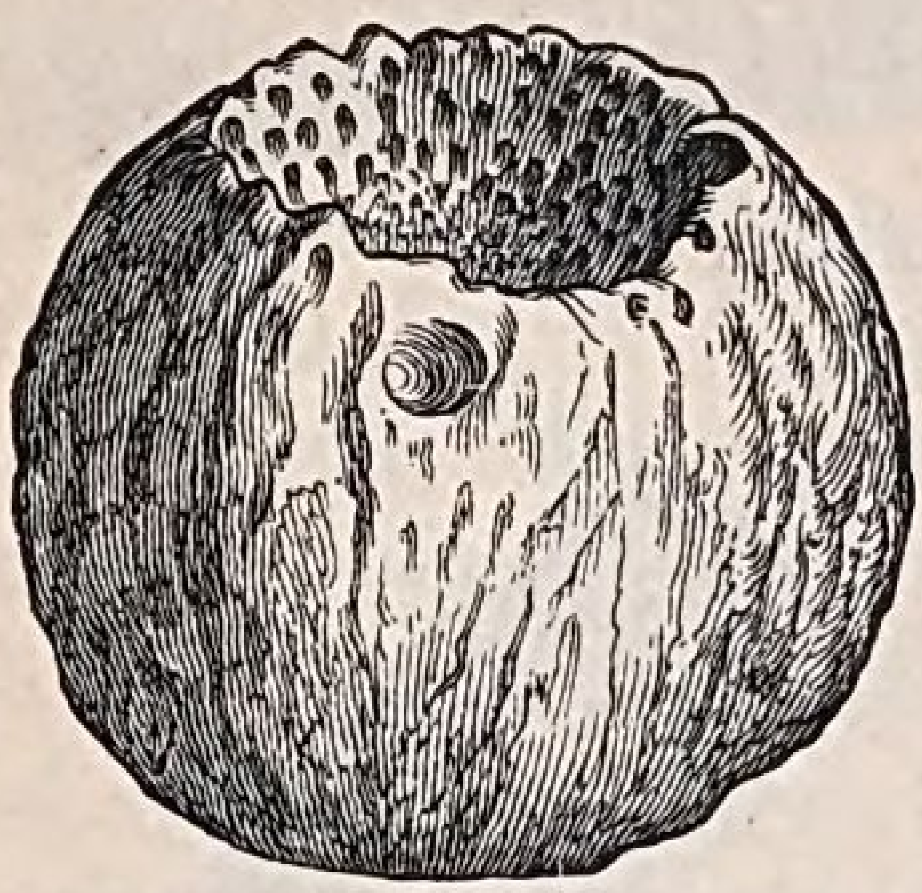


Fig. 45. Astylospongia praemorsa *Goldf.*

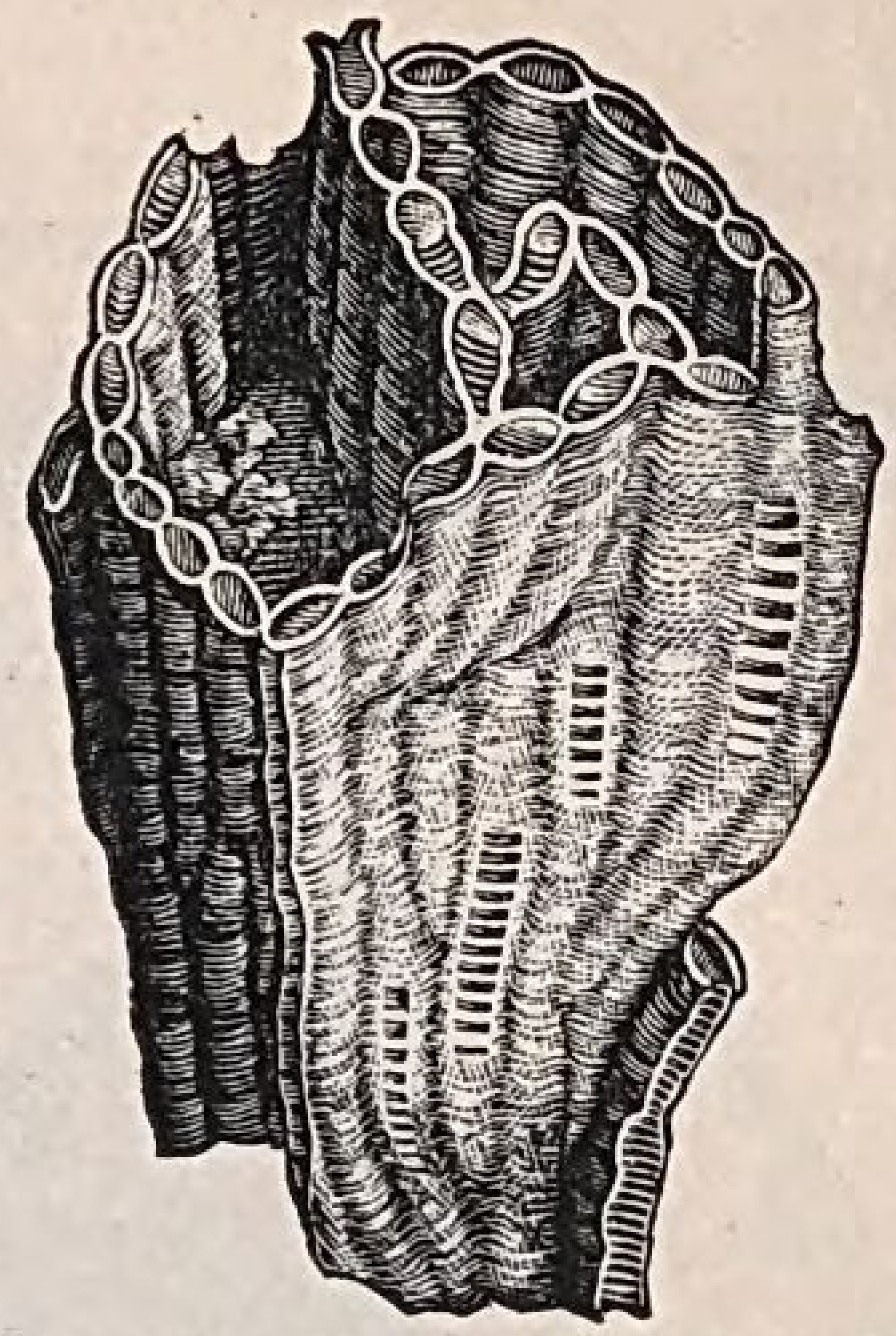


Fig. 46. Halysites catenularia *Lin.*

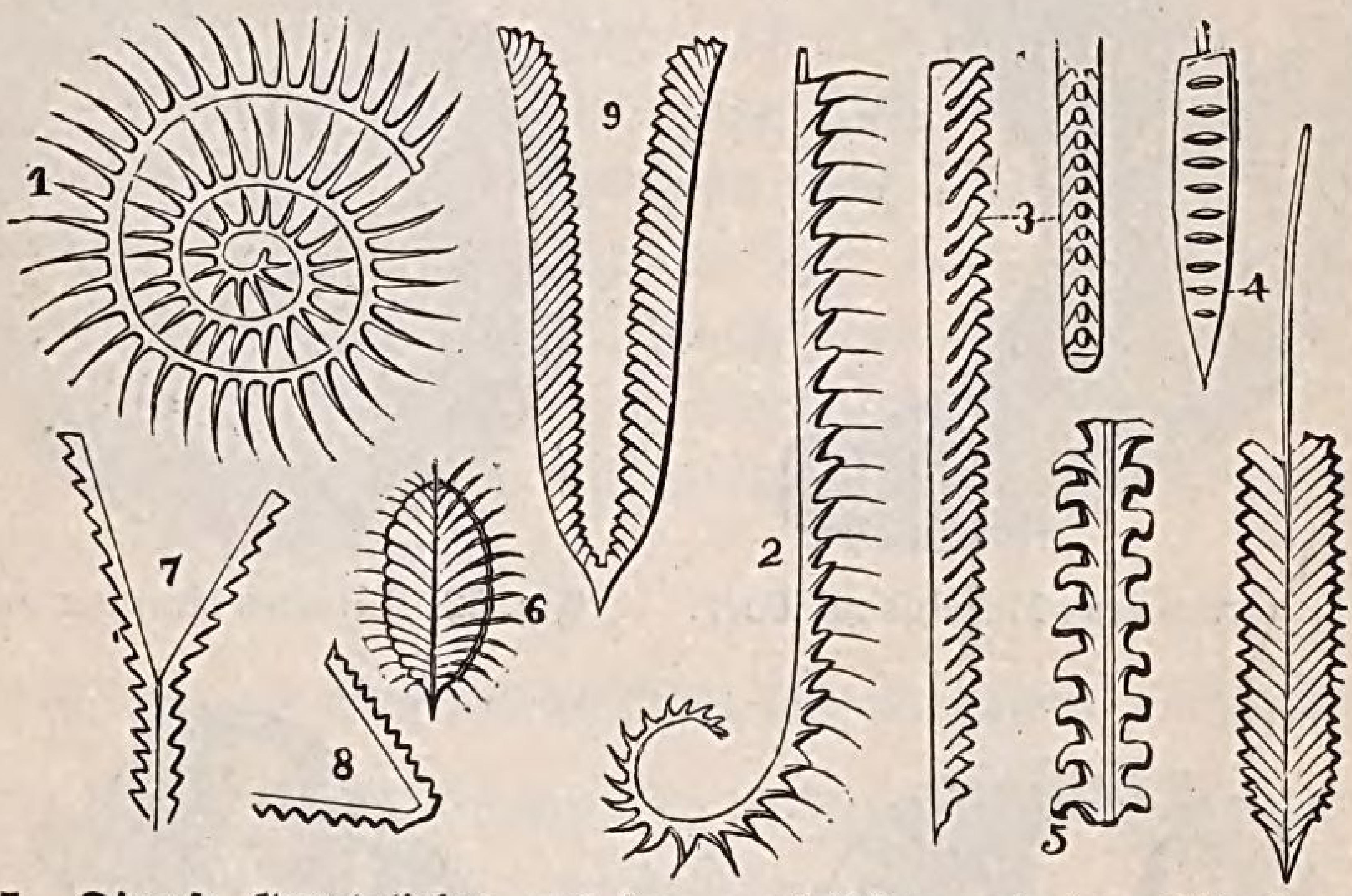


Fig. 47. Diverse Graptolithen aus der cambrischen und der Silurformation.

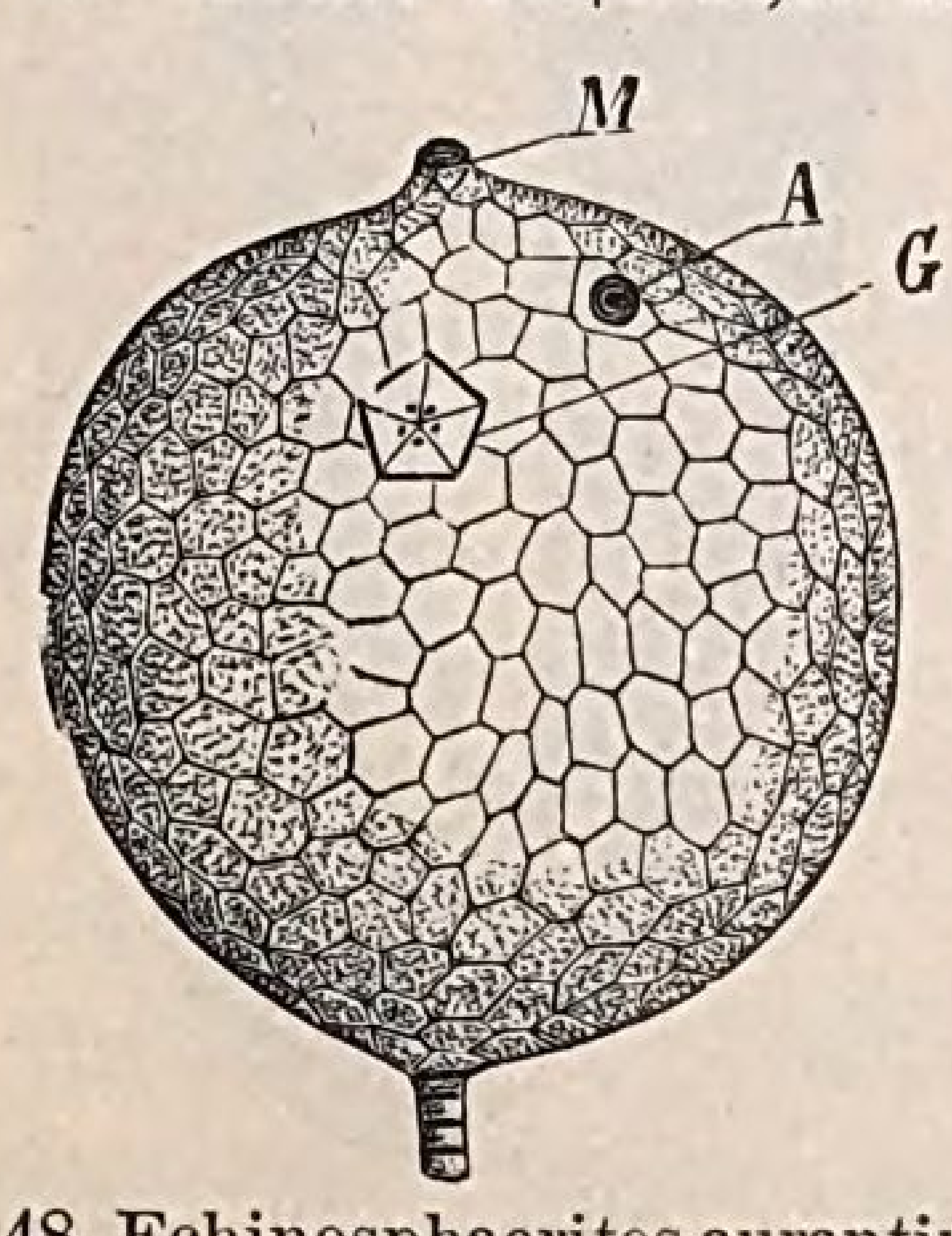


Fig. 48. Echinosphaerites aurantium *His.* sp.

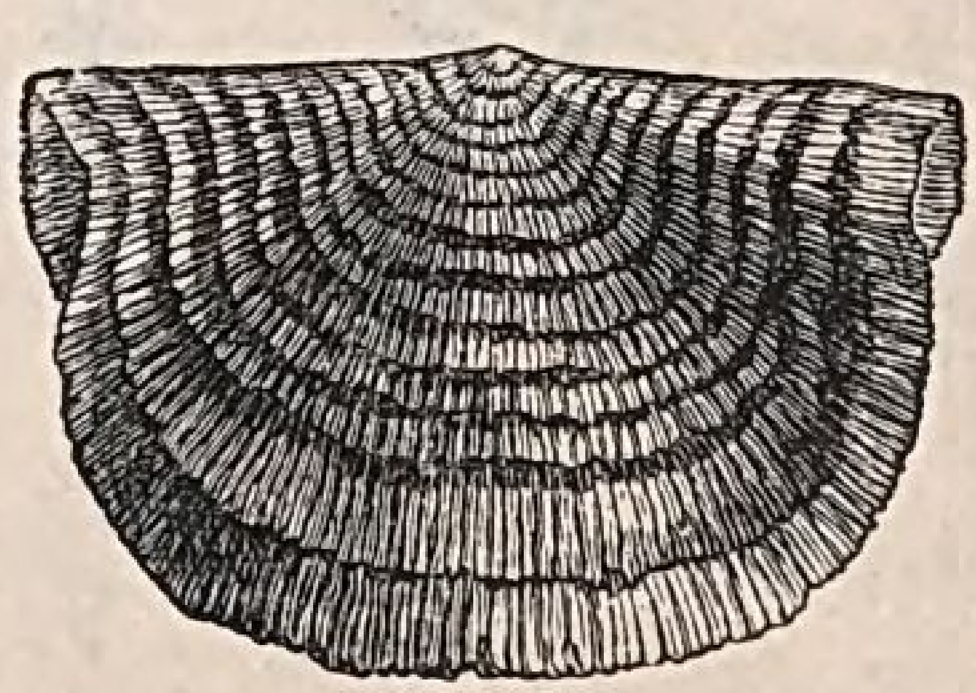


Fig. 49. Strophomena rhomboidalis *Wahlbg.*

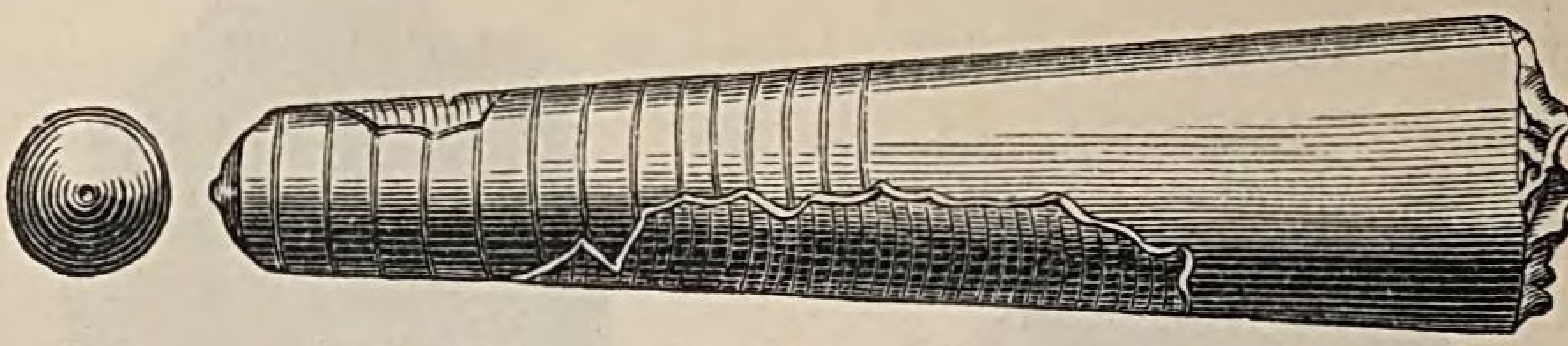


Fig. 50. Orthoceras timidum *Barr.*

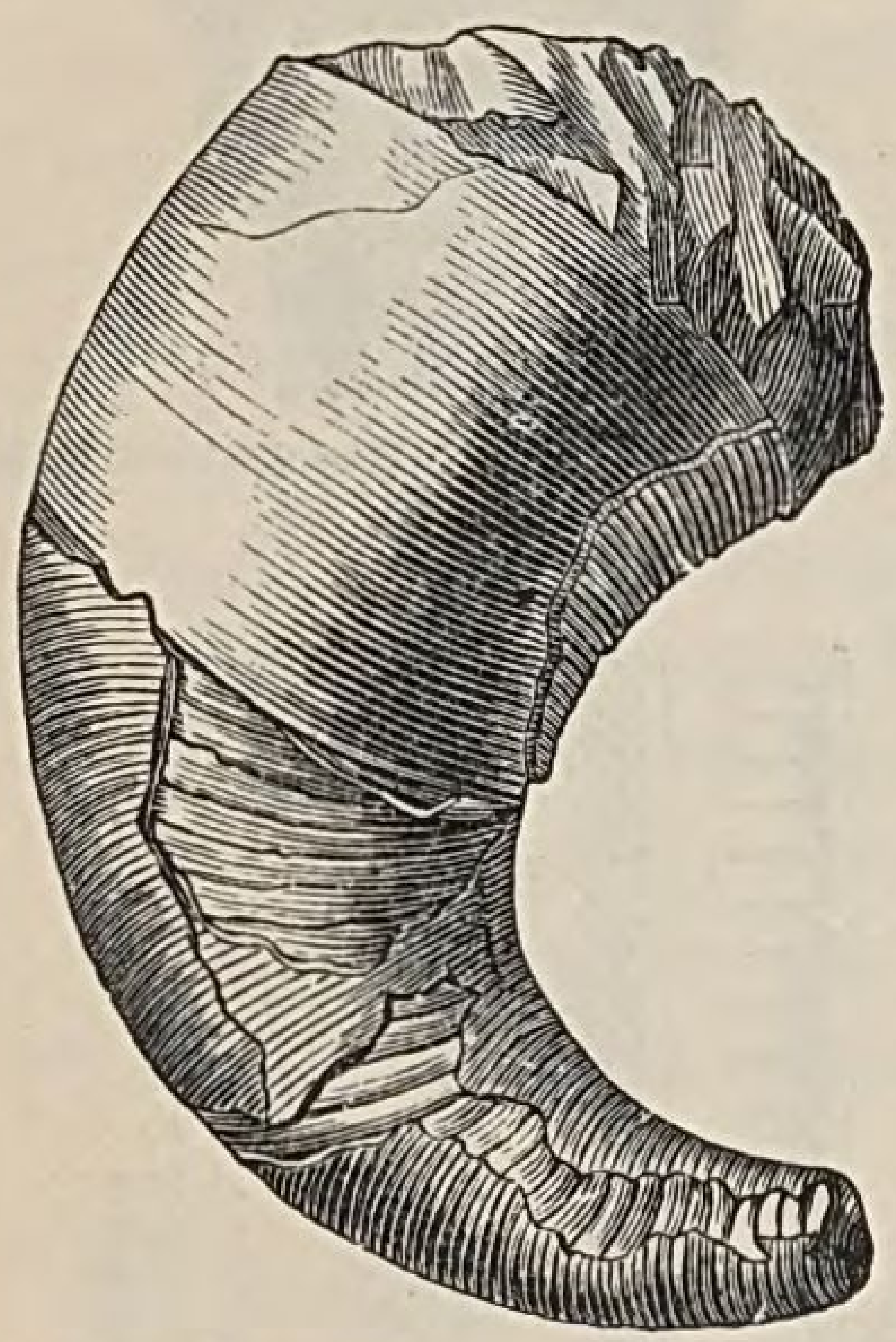


Fig. 51. Cyrtoceras Murchisoni *Barr.*

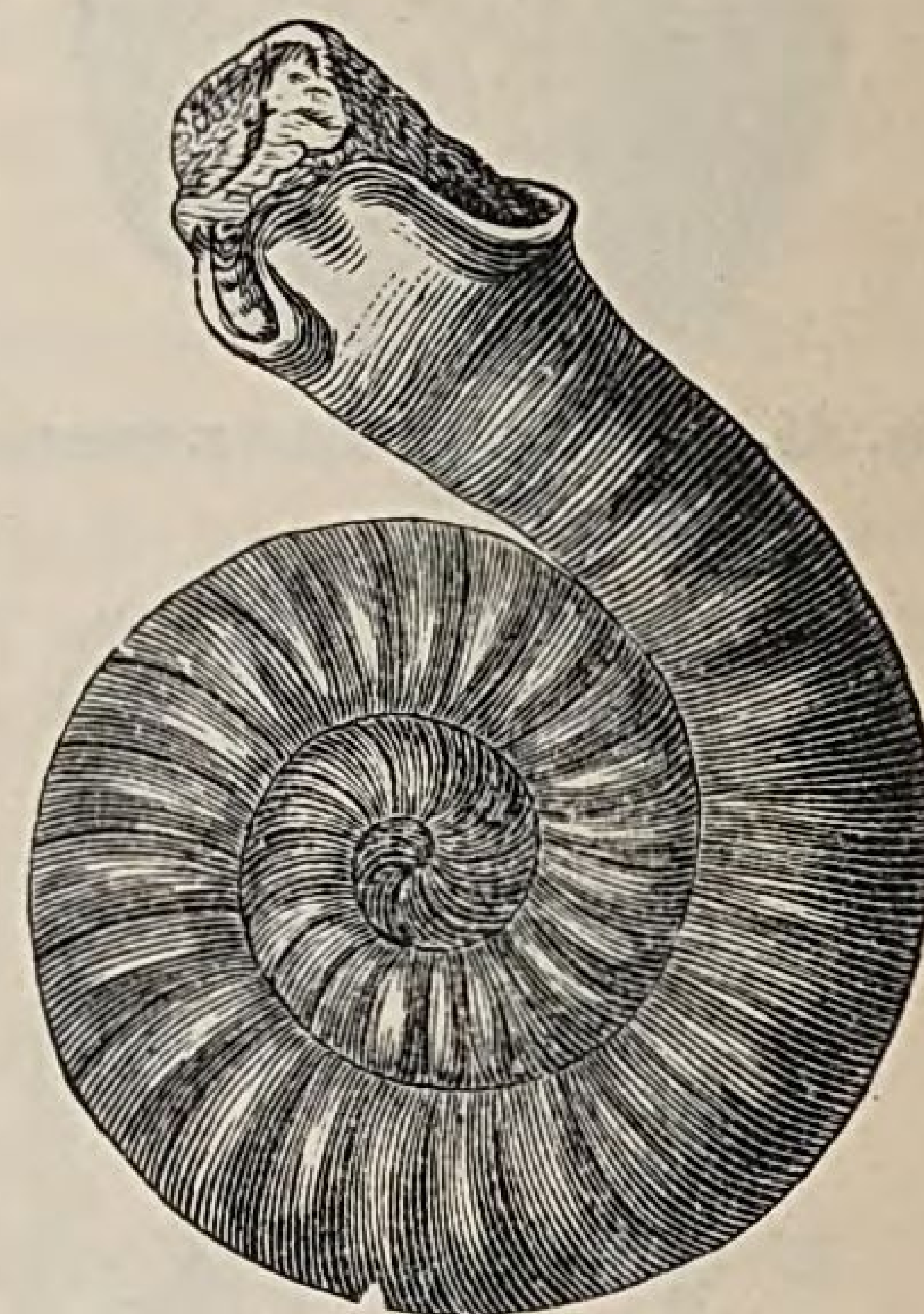


Fig. 52. Lituites simplex *Sow.*

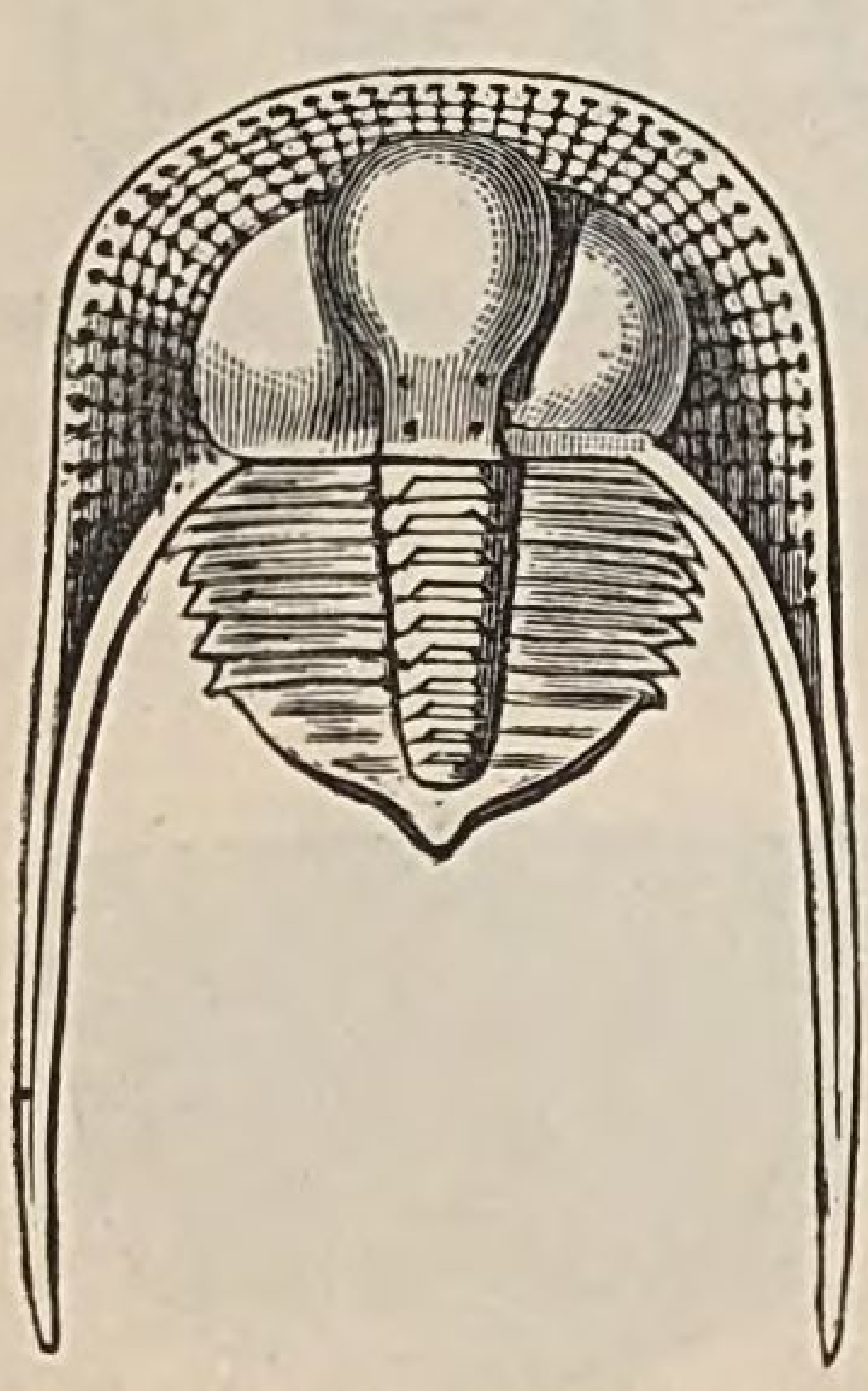


Fig. 53. Trinucleus Goldfussi *Barr.*

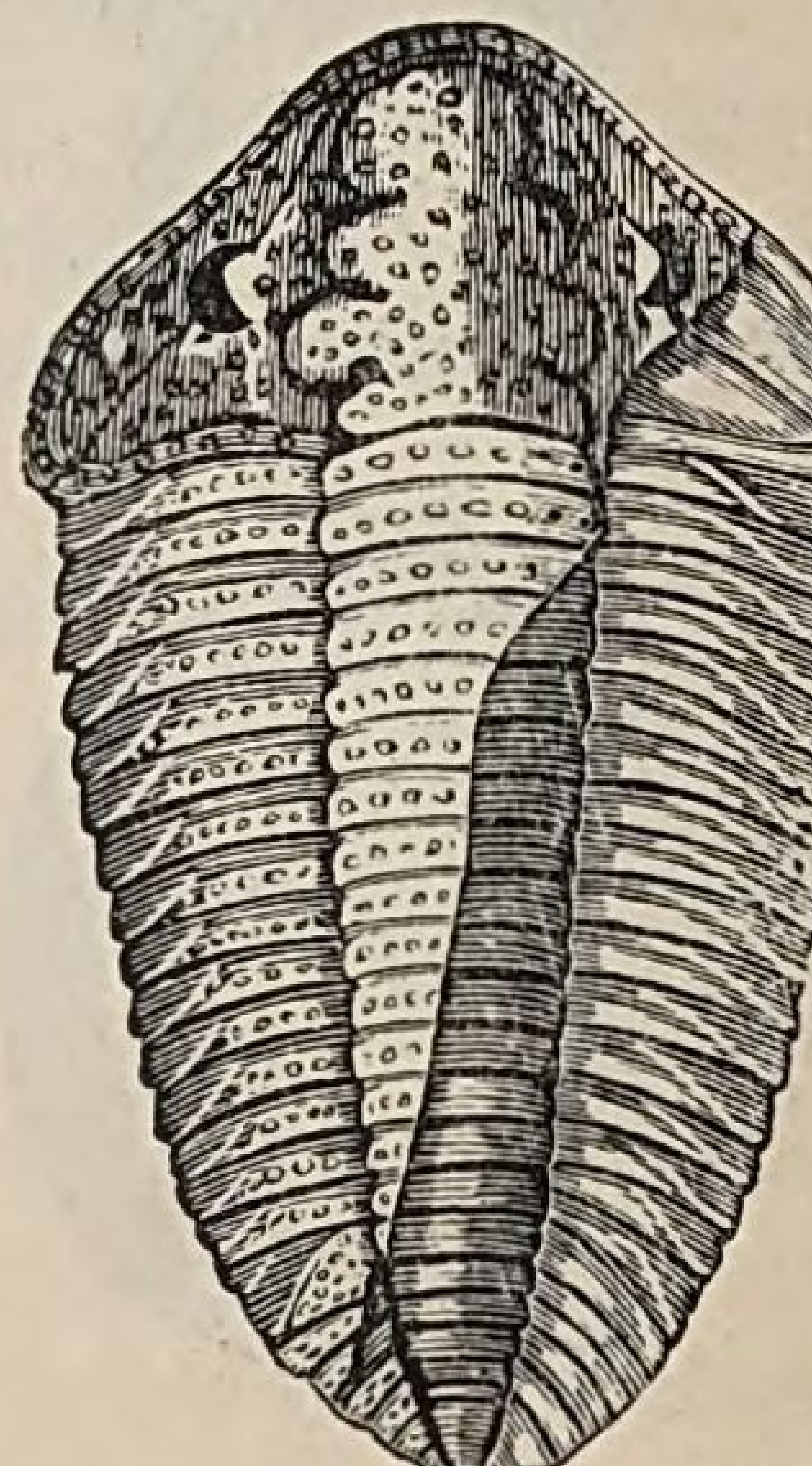


Fig. 54. Calymene Blumenbachi *Brongn.*

lichen Reichtum an Formen auf, so Schwämme, Astylospongia (Fig. 45) und Aulocopium, Korallen, Aulopora, Syringopora, Halysites (Fig. 46), Calamopora, Cyathaxonia etc., Hydrozoen, die Graptolithen (Fig. 47), Echinodermen, u. z. Cystideen, als Echinosphaerites (Fig. 48), Caryocystites, Krinoideen, die ihre Hauptentwicklung im Silur erreichen, Cyathocrinus, Taxocrinus, Brachiopoden, als Lingula, Discina, Leptaena, Strophomena (Fig. 49), Orthis, Rhynchonella, Pentamerus, Spirifer (es sind über 2000 Arten Brachiopoden aus dem Silur bekannt), Mollusken, u. z. Zweischaler, als Cardiola, Gastropoden, Capulus, Pteropoden, Tentaculites, Cephalopoden, Orthoceras (Fig. 50), Endoceras, Cyrtoceras (Fig. 51), Phragmoceras, Lituites (Fig. 52), Arthropoden, darunter besonders die Trilobiten mit den Geschlechtern Trinucleus (Fig. 53), Bronteus, Calymene (Fig. 54), Sao, Asaphus (Fig. 55), Ogygia etc. und die obersilurischen Eurypteriden (zu der Ordnung der Gigantostraca gehörig). Im Obersilur kennt man spärliche Wirbeltierüberreste, u. z. solche von Selachiern, Ctenacanthus, und von Panzerganoiden.

Gliederung und Verbreitung des silurischen Systems.

Die silurische Schichtenreihe unterliegt einer Zweiteilung

in Untersilur und in

Obersilur.

Auf dem europäischen Festland und den britischen Inseln ist das Silur verschiedentlich entwickelt. In Deutschland kennt man hierhergehörige Bildungen im Thüringerwald, im Vogtland, Fichtelgebirge &c. (untersilurische Thonschiefer mit Olenus, Agnostus etc. von Leimitz bei Hof, Griffelschiefer, obersilurische Graptolithenschichten), dann in Schlesien (Silberberg, Lauban).

In Böhmen hat J. Barrande, der Erzieher und spätere Testamentsvollstrecker des Grafen Chambord (Heinrich V. von Frankreich), die dortigen silurischen Schichten

gründlich untersucht und seine Beobachtungen in dem vielbändigen und grundlegenden Werk Le système silurien de la Bohême, wozu ihm sein früherer Zögling größtenteils die Mittel gegeben hat, niedergelegt. Es bildet das Silur Böhmens eine etwa 20 Meilen lange und 2—3 Meilen breite elliptische, muldenartig eingelagerte Schichtenreihe,

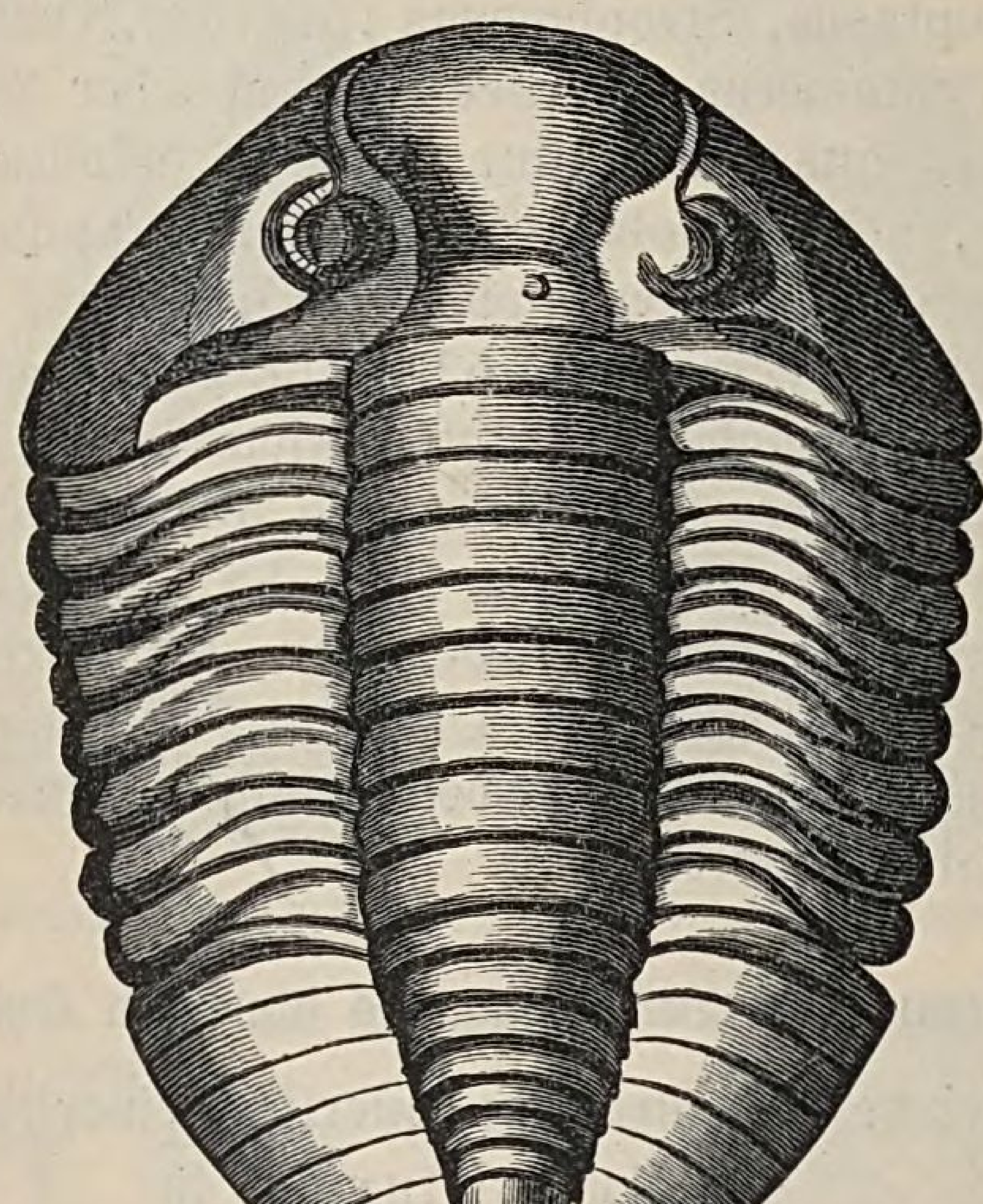


Fig. 55. Asaphus expansus *Wahlbg.*

deren Hauptachse etwa der Linie Prag=Braunau=Pilsen folgt. Das nebenstehende Profil Fig. 56 mag das erläutern. Man ersieht aus der Legende der Figur, daß nicht mehr alles, was Barrende für Silur angesehen hat, zu diesem System gezählt wird. Dieser Forscher hatte nämlich die silurischen Sedimente Böhmens in acht Abteilungen geteilt, und dieselben mit den Buchstaben A bis H bezeichnet.

In den Alpen kommt Silur an verschiedenen Stellen vor, so in den Karnischen und Julischen Alpen, in den Karawanken, ferner in Frankreich in ziemlicher Verbreitung (Bretagne, Normandie), in Spanien (Provinz Cindad Real), in Portugal. In Großbritannien und Irland ist das silurische System zu reicher Entfaltung gelangt, so in Wales, Shropshire, Herfordshire, in Südschottland und Nordirland. Es sind Thonschiefer, Grauwacken, Sandsteine, Quarzite und Kalksteine, welche eine sehr eingehende Gliederung erfahren haben. Größere Gebiete Skandinaviens sind ebenfalls von silurischen Ablagerungen bedeckt, so in Norwegen in der Umgegend von Christiania, am Mjösensee, im Stift Trondheim, in Schweden in Schonen, Ost- und Westgotland, in Dalekarlien, Jemtland und auf den Inseln Oeland, Gotland, Bornholm. Sowohl das Untersilur als auch das Obersilur sind in Skandinavien entwickelt; (als Beispiele: die untersilurischen Orthocerenkalke, und auf der Insel Gotland die Korallenbänke und Stromatoporenriffe des Obersilurs). In Rußland besitzt das Silur gewaltige Verbreitung, so von Petersburg aus westlich durch Esthland und Nordlivland bis zu den Inseln Dagö und Oesel, dann im Uralgebirge. Das zwischen dem Alleghanygebirge und dem Mississippi belegene Areal Nordamerikas ist das hauptsäch-

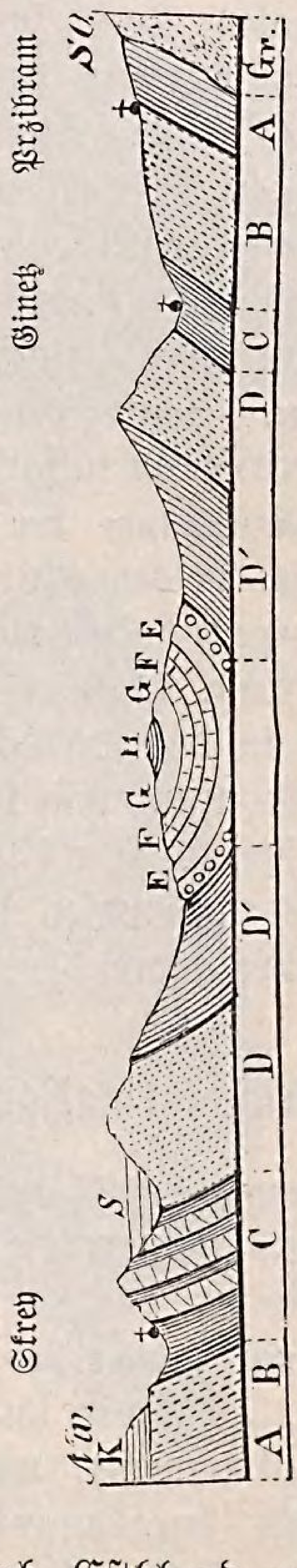


Fig. 56. Profil durch die muldenartig eingefalteten cambrischen und silurischen Schichten Böhmens. Die Buchstaben A bis H entsprechen den Abteilungen von J. Barrande.
A und B = archäische Ablagerungen, C und die untersten Schichten von D = Cambrium (C = Primordialstufe Barrandes), die übrigen Schichten von D = Untersilur, E = Obersilur, F, G und H = Devon, Gr. = Granit und Gneis, K = Kreidebildungen, S = Steinkohlenformation.

lichste Verbreitungsgebiet des silurischen Systems, das auch in Canada und im Nordwesten der Union entwickelt ist. Diese nordamerikanischen silurischen Bildungen stehen in betreff der von ihnen geführten organischen Ueberreste und auch bezüglich ihres sonstigen Habitus in einem engeren Zusammenhang mit den gleichaltrigen Sedimenten Englands und Skandinaviens, als diese letzteren mit den Silurablagerungen Mittel- und Südeuropas. In Südamerika (Bolivia, Argentinien), in Afrika (Marokko), in Asien (China, Himalaya) und in Australien (Neuseeland, Victoria, u. s. f.) kennt man gleichfalls silurische Schichten.

Wichtige Eruptivgesteine der Silurformation sind besonders Diabase mit ihren tuffartigen Bildungen (Schalsteine).

Der Erzreichtum der silurischen Ablagerungen besteht im wesentlichen in dem Vorkommen von Eisen-, Kupfer-, Blei- und Zinkerzen, so Spateisenstein in den Nordalpen (Eisenerz, Werfen), Galmei und Zinkblende in Pennsylvanien, Bleiglanz in der sogenannten Bleiglanzregion im südlichen Wisconsin, etwa 126 deutsche Quadratmeilen Flächeninhalt besitzend. Die Bleierze in Begleitung von Zinkblende, Kupferkies 2c. kommen dort auf unzähligen, den Trentondolomit durchquerenden Spalten vor.

Die Devonformation oder das devonische System.

Petrographischer Charakter. Im Devon herrschen vor Thonschiefer, Konglomerate, Sandsteine, Quarzite, Grauwacken und Kalksteine.

Flora und Fauna des devonischen Systems. Auch hier ist die Flora, gleichwie im Silur, noch eine sehr einförmige (Gefäßkryptogamen), während die Fauna gegenüber derjenigen des vorgenannten Systems schon einen weiteren Schritt vorwärts gethan hat. Zu reicher Entfaltung sind die Korallen gelangt, Heliolites, Favosites, Alveolites, Cyathophyllum (Fig. 57), Calceola (Fig. 58), dann die Krinoideen, Ctenocrinus, Haplocrinus, Cupressocrinus

(Fig. 59), ferner die Brachiopoden, Productus, Stringocephalus, Uncites, Spirifer (Fig. 60), Atrypa, Rhynchonella.

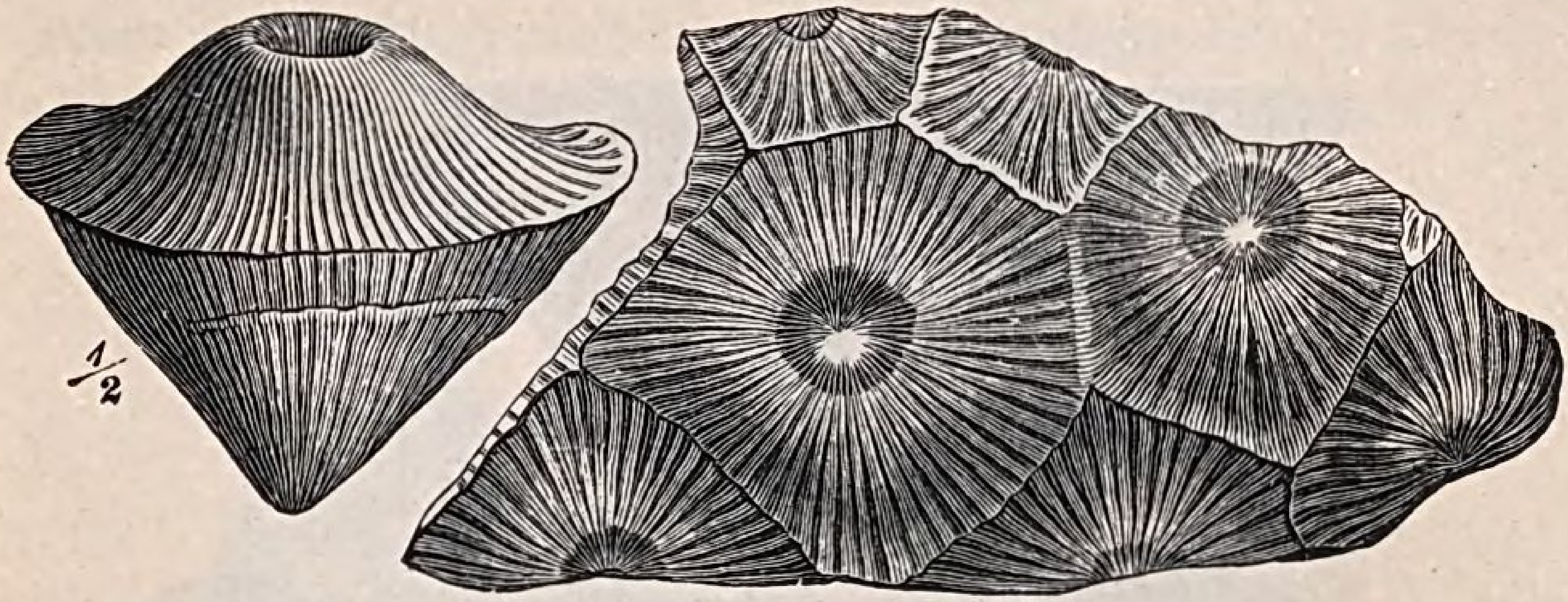


Fig. 57. Cyathophyllum helianthoides *Goldf.*
a Einzelzelle — b Stock.

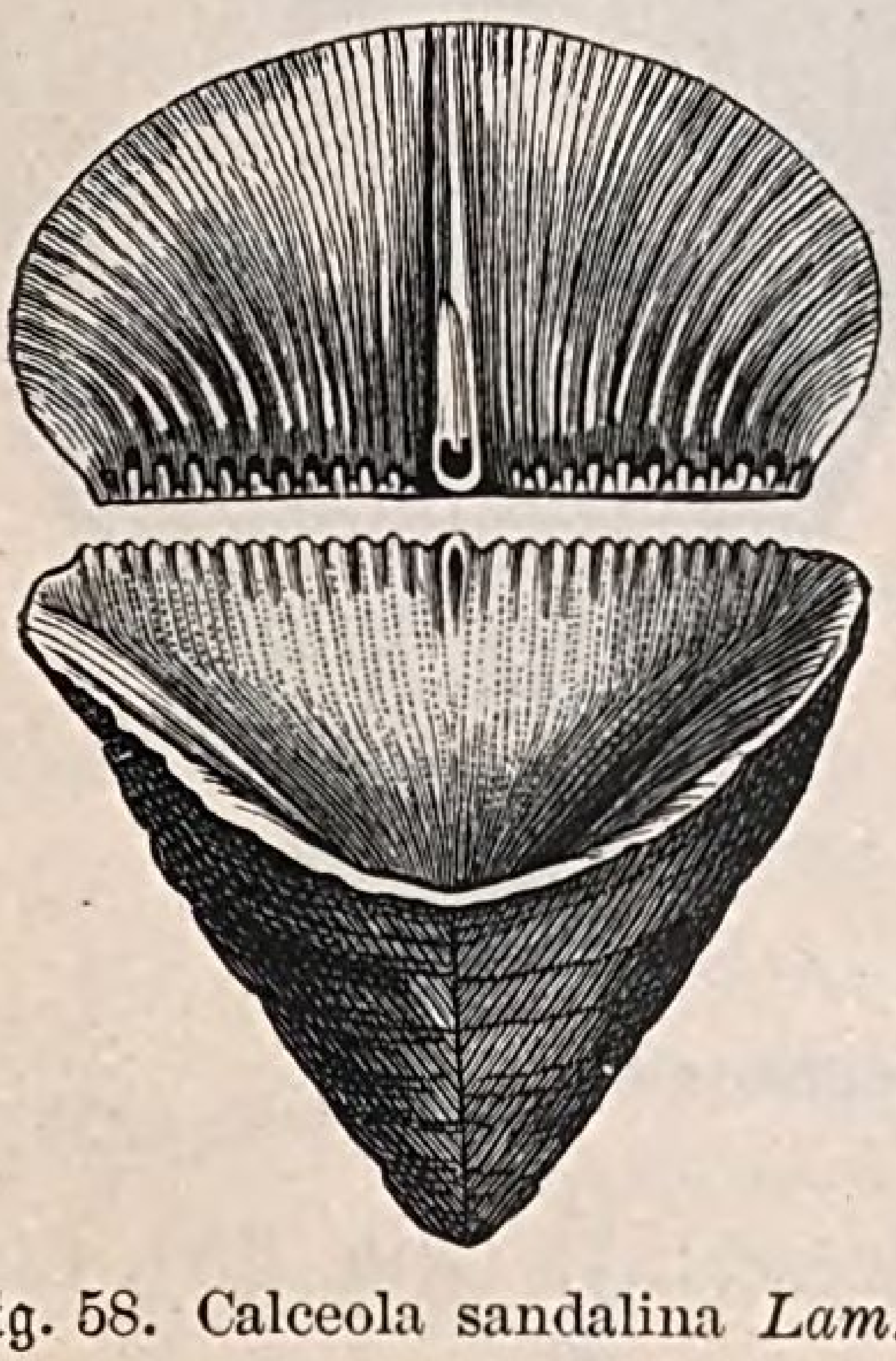


Fig. 58. Calceola sandalina *Lam.*

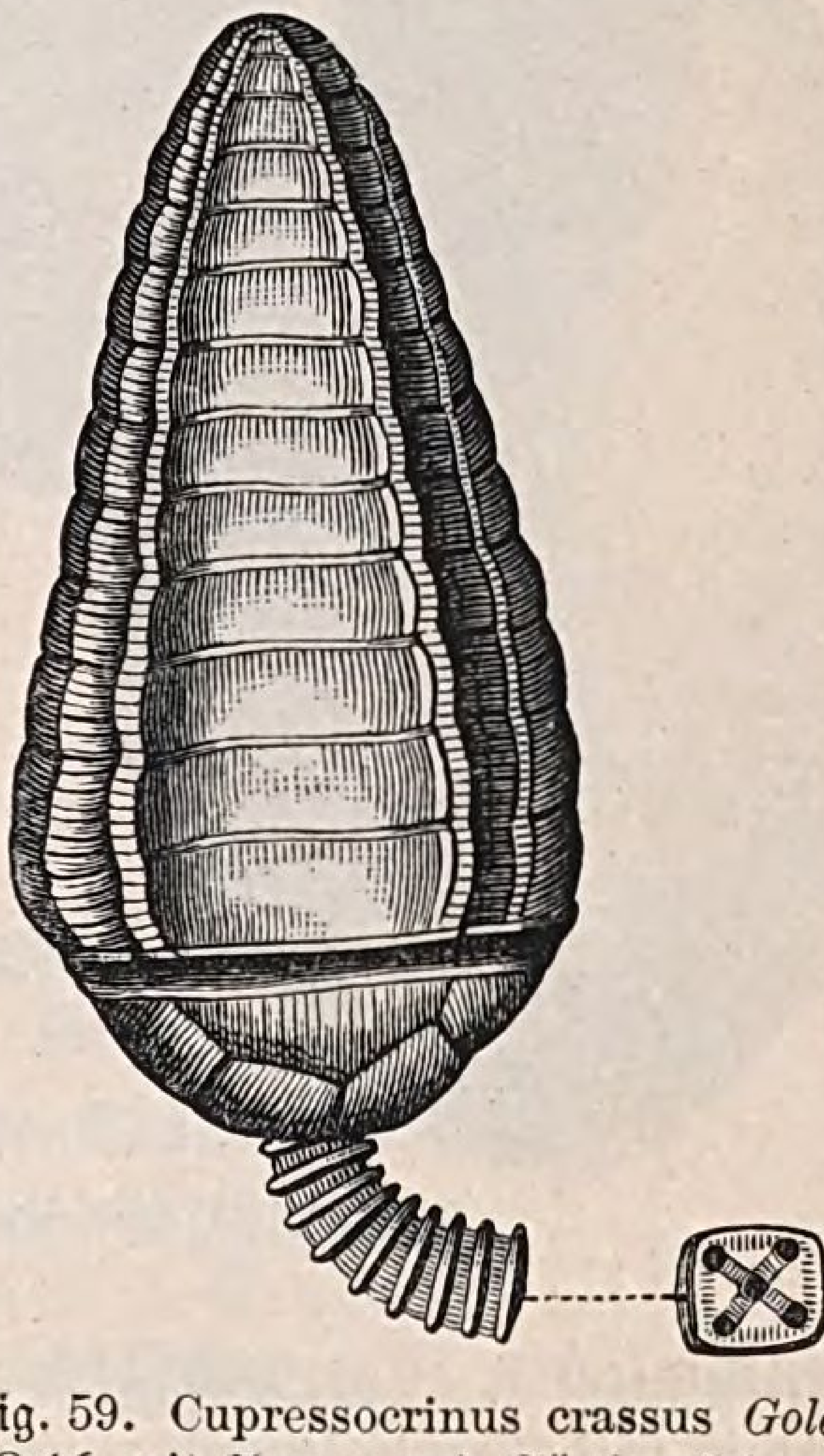


Fig. 59. Cupressocrinus crassus *Goldf.*
Kelch mit Armen und Säulengliedern.

Von Zweischalern nennen wir Megalodon (Fig. 61) und Pterinea, von Gastropoden Macrochilus und Murchisonia, von Cephalopoden Gyroceras, Goniatites (Fig. 62),

Clymenia (Fig. 63), von den Trilobiten die Genera Phacops (Fig. 64) und Homalonotus, von den Schalenkrebsen Entomis (Cypridina), von den Vertebraten endlich die

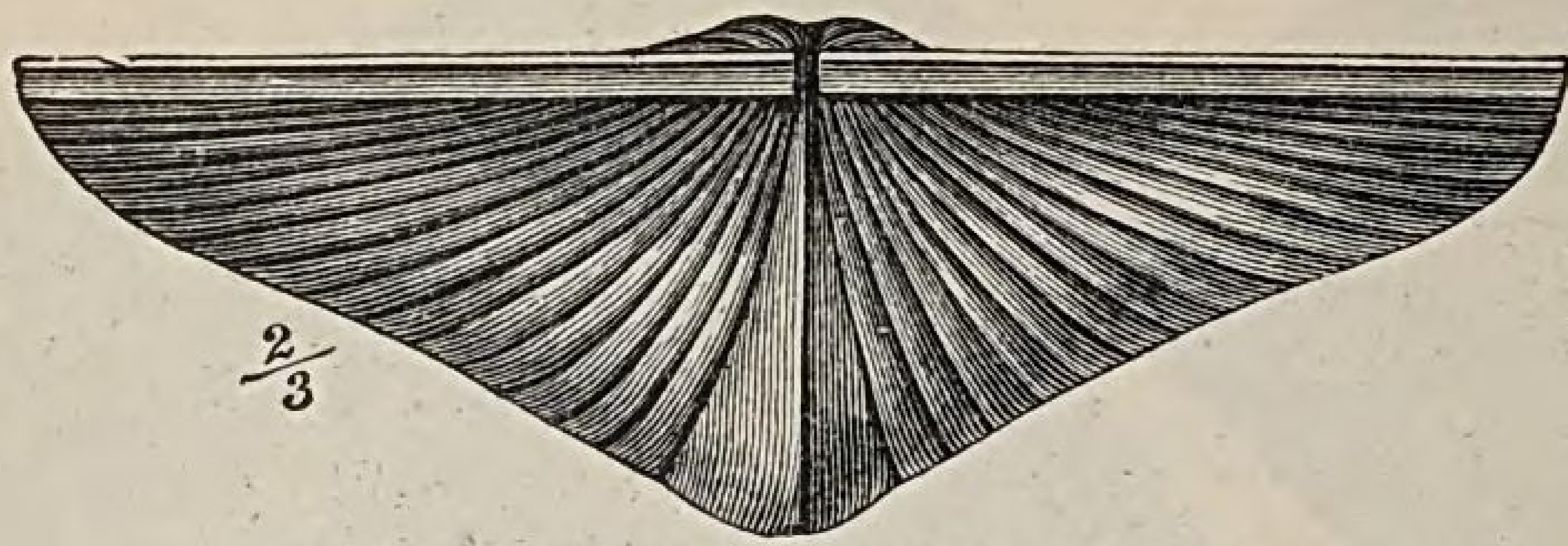


Fig. 60. Spirifer dunensis *Kayser*.

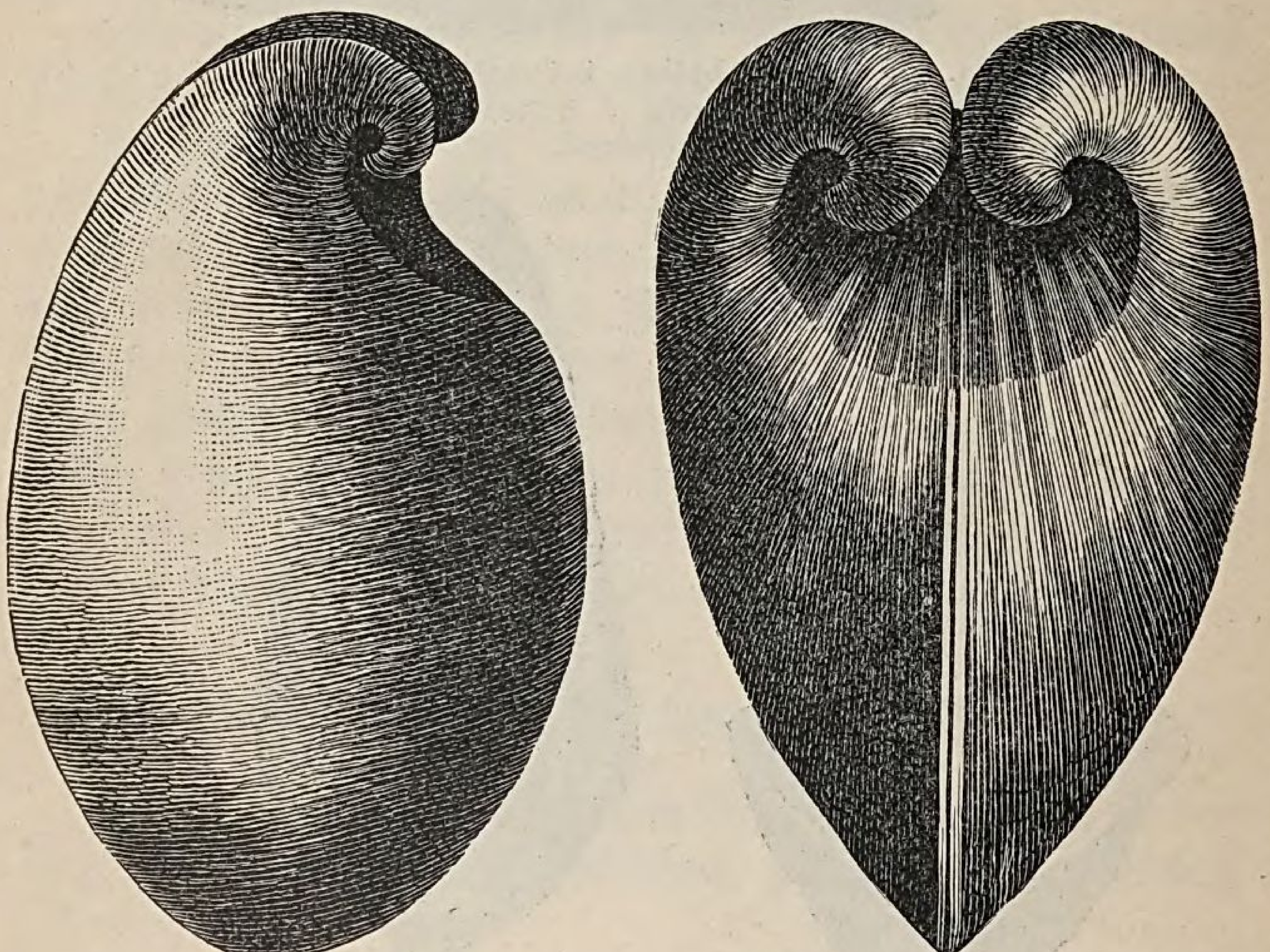


Fig. 61. Megalodon cucullatus *Goldf.*

eigentümlichen Ganoidfische Pterichthys (Fig. 65), Coccosteus und Cephalaspis.

Gliederung der devonischen Ablagerungen.

Man teilt die devonischen Gebilde in drei Hauptabteilungen ein, welche man als Unterdevon, Mitteldevon und Oberdevon bezeichnet.

In Deutschland hat das devonische System zwei Gebiete größerer Verbreitung, so in **Rheinland** (**rheinisches Schiefergebirge**) und im **Harz**; entwickelt ist dasselbe ferner im südöstlichen Thüringen, im Vogtland und im Fichtelgebirge, dann in Schlesien (Ebersdorf, Oberkunzendorf).

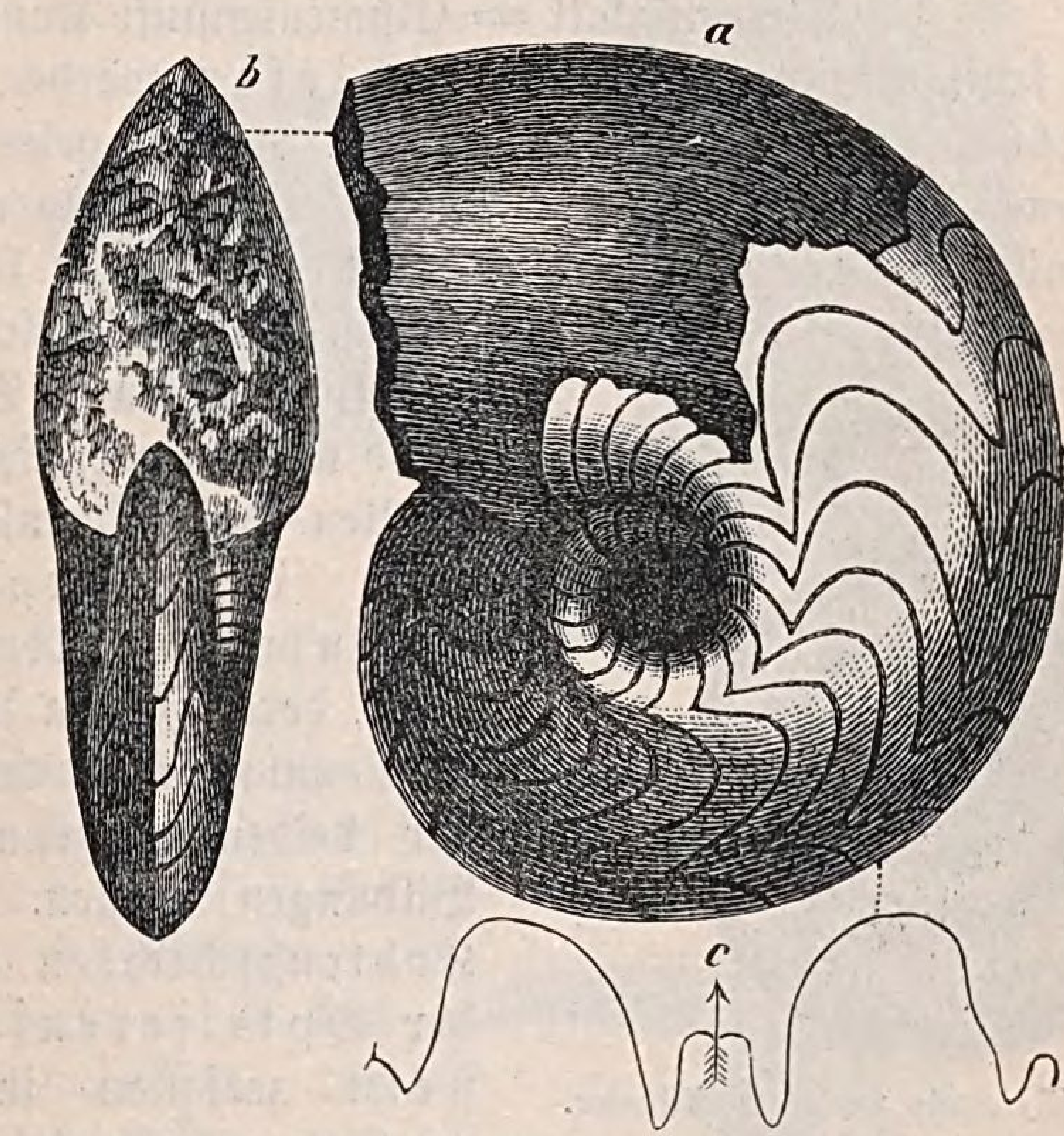


Fig. 62. Goniatites intumescens *Beyrich.*

Gliederung des devonischen Systems in Rheinland und Belgien
(nach E. Kayser).

Unterdevon	Krystallinische Taunusschiefer	
	Taunusquarzit	Siegener
	Hunsrückschiefer	Grauwacke
	Koblenzschichten.	
Mitteldevon	Mergel und Schiefer mit Calceola sandalina (Calceolaschichten), Kalk mit Stringocephalus Burtini (Stringocephalenkalk).	Wissenbacher und Lenneschiefer.

Oberdevon	Adorfer Goniatitenkalk und Iberger Kalk (Calcaire de Frasne) = Intumescensstufe Kaysers.
	Sandstein von Condroz, Schiefer der Famenne, Pönsandstein, Cypridinenschiefer, Clymeniakalk = Clymenienstufe Kaysers.

Die krystallinischen Taunusschiefer werden vom Taunusquarzit überlagert, der u. a. Spirifer primaevus und Reusselaeria crassicosta führt. Diesen folgen die Hunsrückschiefer mit Phacops Ferdinandei, Homalonotus ornatus, Cryphaeus und noch andere Trilobiten, eine Bildung, die im Sieger Land und an verschiedenen Stellen des Rheinlandes durch die Siegener Grauwacke vertreten wird, deren Fauna Uebereinstimmung mit derjenigen der beiden vorgenannten Bildungen zeigen. Die Koblenzschichten oder der Spiriferensandstein zerfallen in die unteren Koblenzschichten mit Strophomena laticosta und Homalonotus armatus und crassicauda, vorwiegend Grauwackengesteine umfassend, sowie in den Koblenzquarzit und schließlich in die oberen Koblenzschichten, weiche Grauwackenschiefer mit Spirifer paradoxus, Ctenocrinus decadactylus, Homalonotus laevicauda etc.



Fig. 63. Clymenia undulata *Münster*.

Das Mitteldevon, vorwiegend eine kalkige Bildung, beginnt mit mergeligen Kalken und Schiefern, den Calceolaschichten, mit Calceola sandalina, vielen Brachiopoden, als Atrypa recticularis, Spirifer speciosus, Korallen ꝛc., darüber folgt der Stringocephalenkalk mit Stringocephalus Burtini, Uncites gryphus, Macrochilus arcula-

tus etc., ferner mit vielen Krinoideen, als Cupressocrinus, Poteriocrinus etc. Im südlichen Westfalen und an der Lenne

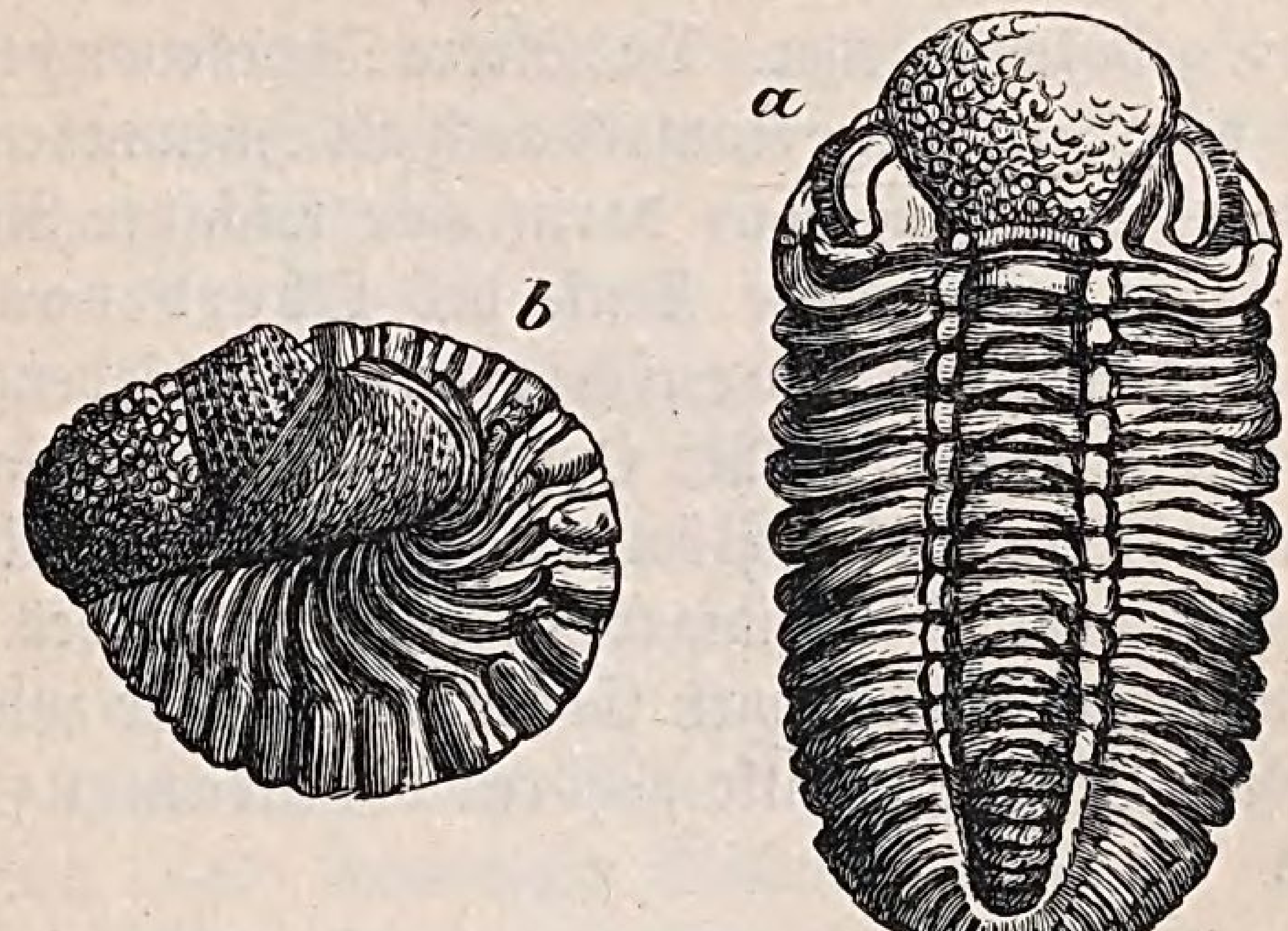


Fig. 64. Phacops latifrons *Burmstr.*

treten an Stelle der soeben genannten Bildungen sandig-thonige Gesteine, dem Spiriferengestein sehr ähnlich, auf die Lenneschiefer. In Nassau, bei Dillenburg, Wissenbach 2c. ist das Mitteldevon in der Form von Thon- und Dachschiefern mit Kalk- und Quarziteinlagerungen ausgebildet, die Wissenbacher oder Orthocerasschiefer, oftmals mit verkiesten Fossilien, als Goniatites subnautilinus, G. gracilis u. dergl. mehr.

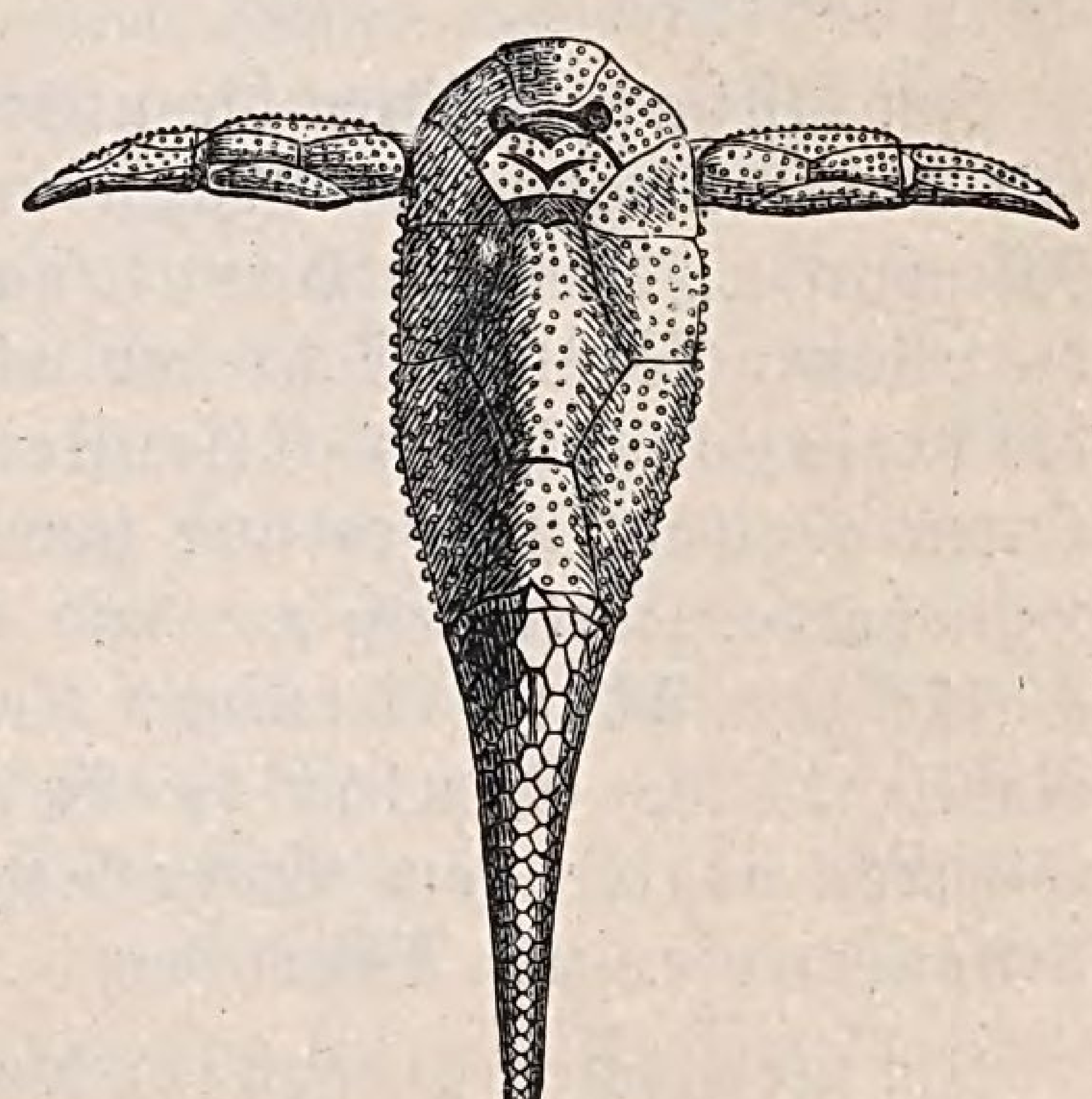


Fig. 65. Pterichthys, restauriert.

Im Oberdevon finden wir zu unterst Kalke mit Brachiopoden (Rhynchonella cuboides, Spirifer Verneuili) oder auch dunkle, kalkige

Schiefer, den Flinz, schließlich auch, als förmliche Korallenriffkalke, die Iberger Kalke, nach einem Vorkommen im Oberharz so genannt. Auch die Adorfer Kalke, nach Adorf in Waldeck, gehören hierher. Das ältere Oberdevon bezeichnet man nach dem Vorschlage Kaysers auch als Intumescensstufe, weil Goniatites intumescens darin eine wichtige Rolle als Leitfossil spielt. Die obere Stufe des Oberdevons wird gebildet von den Cypridinenschiefern (verschiedengefärbte Schiefer mit Entomis, früher Cypridina serratostriata, die Clymenienkalke, die Pönsandsteine Westfalens ꝛc. Kayser hat aber die jüngeren Bildungen des Oberdevons auch unter dem Namen Clymenienstufe zusammengefaßt. Zum Clymenienkalke gehören die Kramenzelkalke Dechens.

Gliederung des devonischen Systems im Harz.

Im Harz kennt man zwei Gebiete, in denen das Devon zur Entwickelung gelangte, nämlich im Ostharz und im westlichen Oberharz.

Im Ostharz gehören die unteren Wieder Schiefer mit den Kalklagern von Mägdeburg, Scheerenstieg, Zorge, Ilsenburg ꝛc., dann der Hauptquarzit zum Unterdevon, die oberen Wieder Schiefer mit Goniatitis gracilis und die Stringocephalus-Eisensteine, die an verschiedenen Orten abgebaut wurden und zum Teil noch werden, so bei Hüttenrode, Hartenberg ꝛc., und die Stringocephalus-Kalke zum Mitteldevon, die Korallenkalke von Rübeland, die Goniatitenkalke am Meiseberg, die Clymeniakalke (am Büchenberg ꝛc.) und die Cypridinenschiefer zum Oberdevon.

Im westlichen Oberharz kommt das Devon vor:

a) im südöstlichen Oberharz, zwischen Oder und Söse,

b) zwischen Ocker und Innerste,

c) am Iberg bei Grund.

Besonders wichtige Schichten sind der Spiriferensandstein, Calceolaschichten, Goslarer Schiefer, Stringocephalenkalke ꝛc. Der Iberg und Winterberg bei Grund bestehen aus völlig ungeschichtetem Massenkalk, seinem Ursprung nach wesentlich ein Teil eines devonischen Korallenriffs (unteres Oberdevon).

In der Grafschaft Glatz in Schlesien zeigt sich das devonische System als Iberger Kalk (Freiburg, Kunzendorf und als Clymenienkalk (Ebersdorf). In den schon weiter oben erwähnten Gebieten Thüringens, des Vogtlands ꝛc. sind besonders das mittlere und das obere Devon entwickelt (Gonitatiten und Clymenienkalke, Cypridinenschiefer, Diabastuffe ꝛc.). Auch aus den elsässischen Vogesen sind devonische Sedimente bekannt geworden (Calceolaschichten und unterdevonische Thonschiefer).

Allgemeine Verbreitung devonischer Ablagerungen. In England ist das Devon neben der typischen Entwickelung (Devonshire ꝛc.; der Name der Formation stammt eben von Devonshire, woselbst man dieselbe zuerst erkannt hat) noch in der sogenannten Old red-sandstone-Facies ausgebildet, u. z. besonders im südlichen Wales, in Schottland, den Orkneys ꝛc. Hier treten viele tausend Fuß mächtige Sandstein- und Mergelbildungen auf, mit Einschaltungen von Dach- und bituminösen Schiefern, welche die weiter oben erwähnten sonderbaren Ganoidfische, große Krebse und auch etliche Landpflanzen führen. Man nimmt an, daß die Old red-sandstone-Bildungen des Devon in mächtigen Landseen und Lagunen abgelagert wurden, daß sie also Süßwasserbildungen darstellen. In derselben Facies sind auch gewisse Devonbildungen der russischen Ostseeprovinzen und des arktischen Nordens (Grönland) entwickelt. Man kennt Devon ferner noch in den Ostalpen, in Belgien, Frankreich, Spanien und Portugal, in mächtiger Entwickelung in Rußland, am Bosporus, in Nordamerika (Ohio, Neuyork, Kentucky, Indiana, Kanada ꝛc.), in Asien (Altai, China), in Afrika (Kapland).

Eruptivgesteine, Erzgänge und für die Benutzbarkeit wertvolle Gesteinsarten im Devon.

Vor allen anderen Eruptivgesteinen sind hier die Diabase zu nennen, welche mit ihren Tuffen, Schalsteinen und Bombenanhäufungen als Einlagerungen in den devonischen Schichten eine große Rolle spielen. Die Schalsteine sind vielfach versteinerungsführend.

Solche Diabasvorkommnisse finden sich u. a. in Deutschland im Lahnthal, im Harz, im Vogtlande 2c. Die Diabasgesteine bilden Kuppen, Gänge 2c. in oder auf den devonischen Schichten. An das Vorkommen solcher Diabase und Schalsteine sind die Roteisenerze von Brilon in Westfalen, Wetzlar, Weilburg, Dillenburg, Zorge, Rübeland 2c. gebunden, welche zum Teil Anlaß einer blühenden Eisenindustrie geworden sind. Auch Brauneisensteine finden sich mit dem Roteisenstein zusammen vor, ferner sind im Devon der Dill- und Lahngegend Phosphorite entwickelt, als linsenförmige Einlagerungen. Im Siegener Lande (Müsen) kommen Spateisensteingänge, etwa 20—30 m mächtig, vor Kupfererzgänge und Bleiglanz im Dillenburgischen, Kupfer und Zinn in Cornwall 2c.

Die Schichten des Oberharzes werden durch ein System von Störungslinien, den eigentlichen Spaltenverwerfungen, in einzelne Schollen aufgelöst, auf deren Klüften alsdann in manchen Fällen Erze zur Ablagerung gelangten, das Oberharzer Gangnetz. Der Hauptsache nach sind es generell ostwestlich (hor. 7—9) streichende Spalten, daneben finden sich in geringerem Maße noch andere (nordsüdliche 2c.). Die erste Entstehung dieser Gangspalten dürfte wohl in die oberkarbonische Zeit fallen; dieselben sind aber im Verlauf der geologischen Perioden zu wiederholten Malen von neuem aufgerissen worden. Neben diesen Spaltenverwerfungen tritt noch ein Verwerfungssystem auf, Faltenverwerfungen oder Ruscheln, mit taubem Gestein erfüllte Gesteinsklüfte, die nur ganz vereinzelt Erze und Gangmineralien zeigen. Für

die Gestaltung des Harzgebirges sind sie nicht weniger wichtig gewesen als die Spaltenverwerfungen, in ökonomischer Hinsicht sind jedoch nur die letzteren von Wert.

Auf ihren Klüften haben sich gediegen Silber, verschiedene Silbererze, silberhaltiger Bleiglanz (0,01—0,3 %), Zinkblende, Antimon und Arsenerze, Kupferkies, etwas Gersdorffit (Ni SAs), Selenerze 2c. abgesetzt, mit Quarz, Schwerspat, Kalkspat, diversen Zeolithen 2c. als Gangarten (Klausthal, St. Andreasberg, hier mehr die silberreichen Bleiglanze und Silbererze, auch die Zinkblende, bei Lauterberg besonders Kupferkiese, am Rammelsberg Kiese, als Kupfer- und Schwefelkies, nach oben zu vermittelst der melierten Erze in eigentliche Bleierze übergehend).

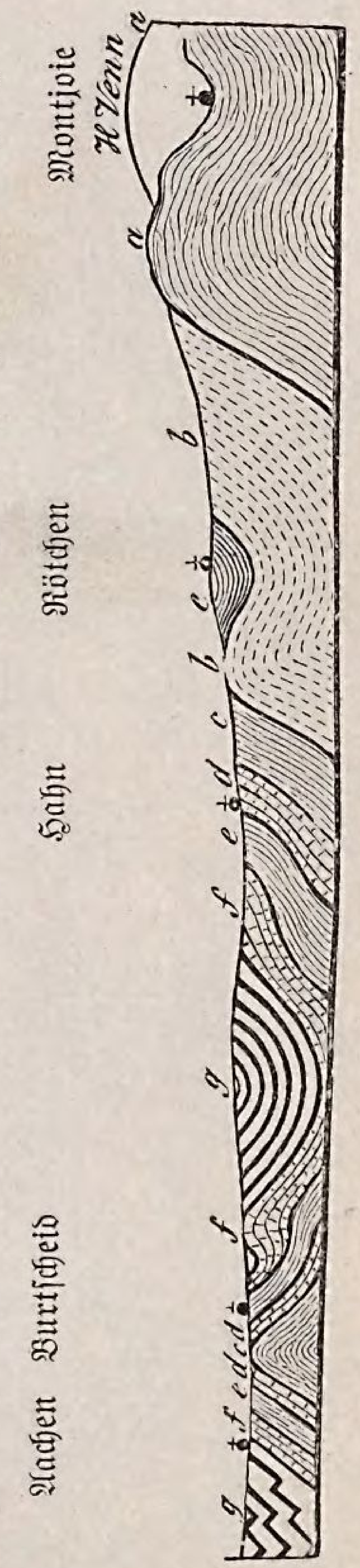


Fig. 66. Profil von Aachen nach dem Hohen Venn. a Krystallinische Thonschiefer — b und c Grauwacke des Unterdevons — d Eifeler Kalk — e Oberdevon — f Unterer Kalk — g Obere, produktive Steinkohlenformation.

Der Roteisensteinvorkommnisse im Harz ist schon weiter oben Erwähnung gethan worden. Am Iberg und Winterberg bei Grund hat im Laufe der geologischen Perioden eine partielle Umwandlung des Kalksteins in Spateisenstein stattgefunden. Diese Eisenerze waren die Veranlassung eines Jahrhunderte hindurch bestandenen, auch in historischer Beziehung interessanten Bergbaus, der heutzutage aufgelassen ist. Das Eisen von Grund-Gittelde (am letztern Orte standen besonders die Eisenhütten) galt als das beste und geschmeidigste Niedersachsens.

Der Bergbau im Oberharz reicht mit seinen Anfängen in die Zeit des Kaisers Otto des Großen hinein (Rammels-

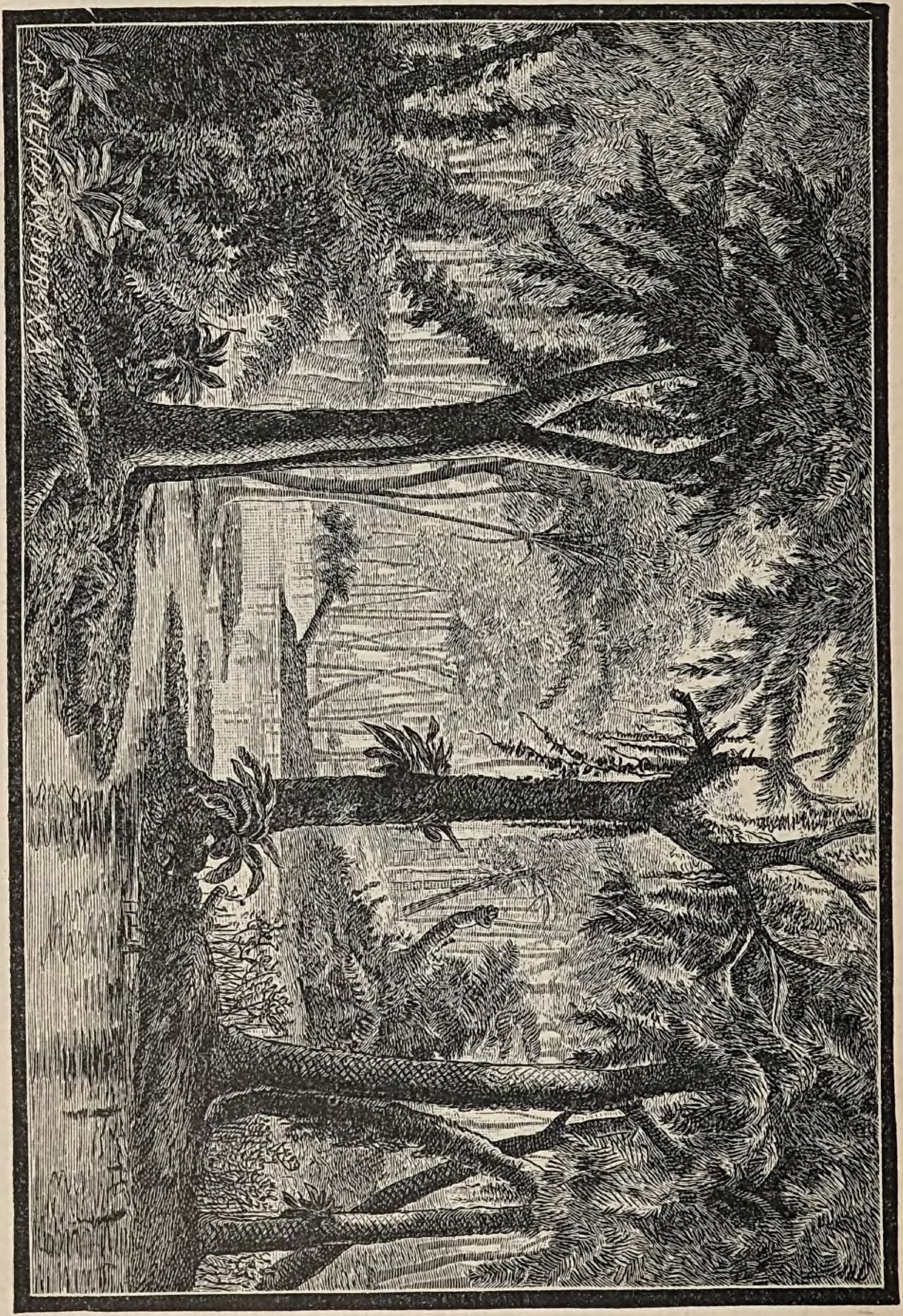


Fig. 67. Wald aus der Steinkohlenperiode.

berg bei Goslar), entwickelte sich allmählich bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts, kam aber alsdann, wohl infolge des

Wütens des schwarzen Todes, zum Erliegen, um zu Ende des 15. resp. zu Beginn des 16. Jahrhunderts wieder zur Entfaltung zu gelangen. Trotz der mannigfachen Wirren, deren Schauplatz das Harzgebirge seither gewesen ist, hat sich der Oberharzer Bergbau zu immer größerer Blüte emporgeschwungen. Seine Wasserwirtschaft (Benutzung der Wasserkraft zu seinem Betrieb) steht in der Welt einzig und als Muster da. Im Etatsjahr 1893/94 lieferten die Hütten des Oberharzes:

50,59 kg Gold,
46916,63 „ Silber,
7882,09 t Blei und Glätte,
223,59 „ Kupfer,
884,18 „ Kupfervitriol

im Gesamtwerte von 7549217 Mark. Die Summe der Ausbeute von 1868 bis 1892/93 betrug 18417710 Mark 7 Pfennige.

Als besonders wertvolle Gesteine der devonischen Sedimente nennen wir die Dachschiefer von Caub am Rhein und von Wissenbach in Nassau, die Marmorarten Nassaus, des Harzes und Fichtelgebirges, ferner der Pyrenäen (Marbre griotte).

Die Lagerungsverhältnisse der Devonformation sind vielfach gestörte und verworfene. Faltungen und Verwerfungen der Schichten treten sehr häufig auf, wie z. B. das umstehende Profil (Fig. 66), die Lagerungsverhältnisse der devonischen Schichten zwischen Aachen und dem Hohen Venn darstellend, zeigt.

Die Steinkohlenformation oder das karbonische System.

Die Gesteine dieser Schichtenreihe sind meist Konglomerate, Sandsteine, Grauwacken, Schieferthon und Kieselschiefer. Daneben spielen aber die Kohlengesteine, welchen das System seinen Namen verdankt, eine sehr wichtige Rolle.

Die Flora des Karbon, fast ausschließlich nur aus Landpflanzen bestehend, ist sehr reich an Ueberresten von Baum=

farnen, so die Genera Sphenopteris (Fig. 68), Neuropteris (Fig. 69), Alethopteris (Fig. 70), Pecopteris etc., an Lycopodiaceen, Lepidodendron (Fig. 71), Ulodendron,



Fig. 68. Sphenopteris trifoliata *Sternberg.*



Fig. 69. Neuropteris flexuosa *Brongn.*

Sigillaria (Fig. 72 u. 73), Stigmaria (Wurzelstöcke dieser genannten Pflanzen) (Fig. 74), an Kalamarieen, als Calamites, Asterophyllites, Annularia (Fig. 75), an Cycadeen, wie Cordaites, und an Koniferen, so z. B. Arau-



Fig. 70. Alethopteris lonchitica *Schloth.* sp.



Fig. 72. Sigillaria Browni *Daws.* (restauriert).



Fig. 71. Lepidodendron elegans *Brongn.* Beblätterter Zweig.

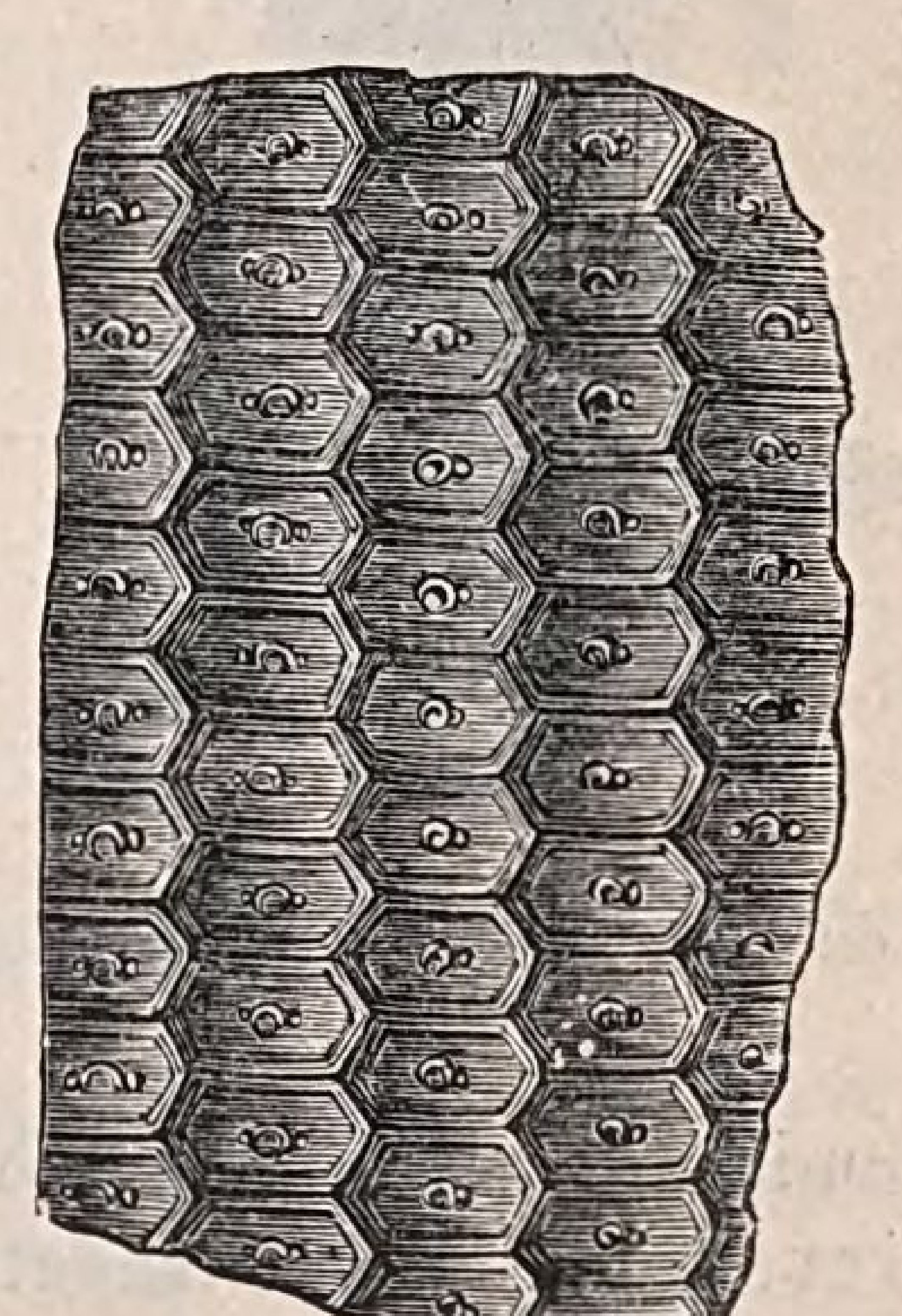


Fig. 73. Stammstück von Sigillaria.

carites. Figur 67 mag eine Vorstellung von einer Waldlandschaft der Steinkohlenzeit geben.

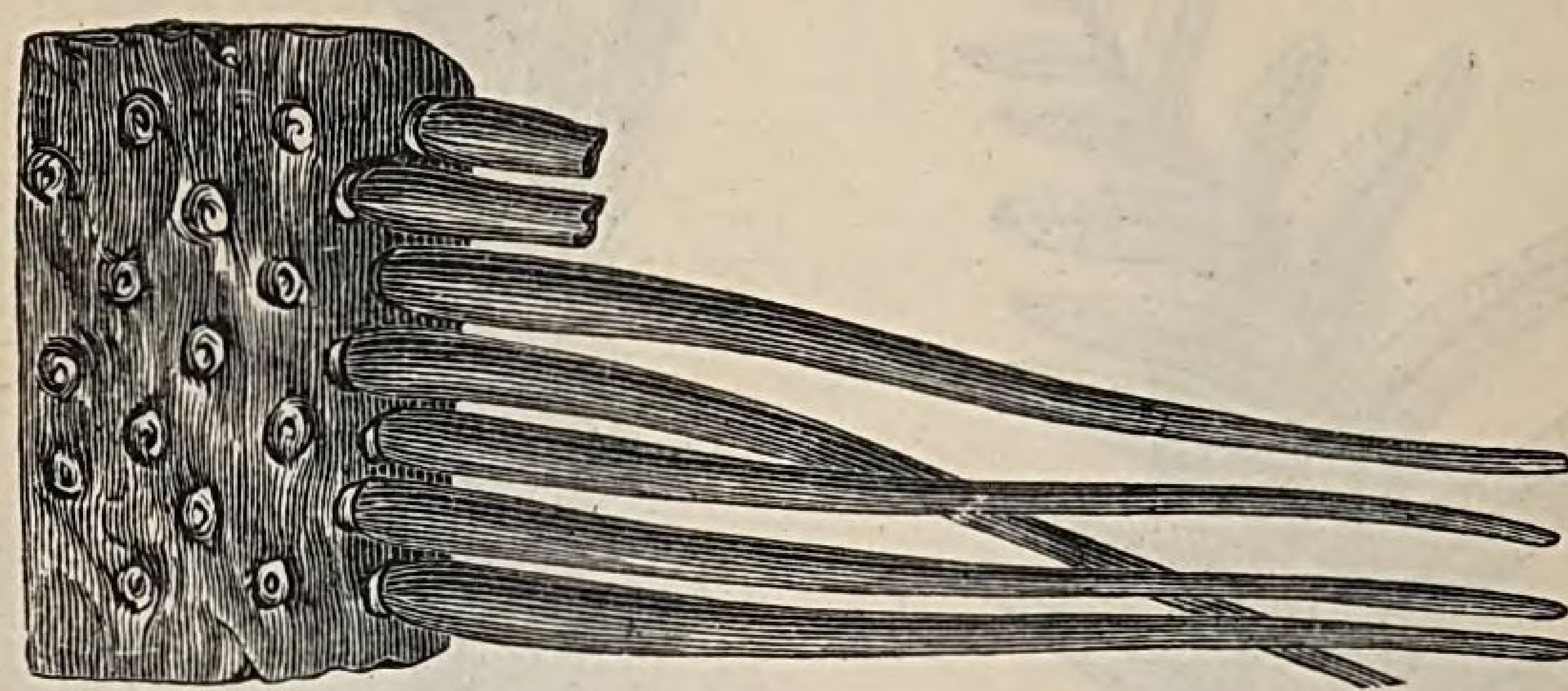


Fig. 74. Stigmaria ficoides *Sternberg.*

Die Fauna der Steinkohlenperiode steht an Mannigfaltigkeit ihrer Arten hinter der Flora jener Zeit nicht zurück. Von Foraminiferen nennen wir Fusulina (Fig. 76) und Schwagerima, gesteinsbildende Formen von Korallen, Amplexus, Chaetetes, Lithostrotion, Michelinia, von Echinodermen die interessante Cystideengattung Pentatrematites (Fig. 77) und das Echinidengenus Archaeocidaris, von Brachiopoden Productus, Spirifer, Athyris, Rhynchonella, auch Terebratula, von Zweischalern Posidonomya (Fig. 78), Aviculopecten und Anthracosia (Fig. 79), von Schnecken Bellerophon und Pupa, von Cephalopoden Goniatites, Nautilus und Orthoceras, von den Gliedertieren die Trilobitengattung Phillipsia und die Schalenkrebse Estheria und Leaia, ferner Spinnen, Skorpione, Eoscorpius (Fig. 80), vielerlei sonderbare Insekten, dann

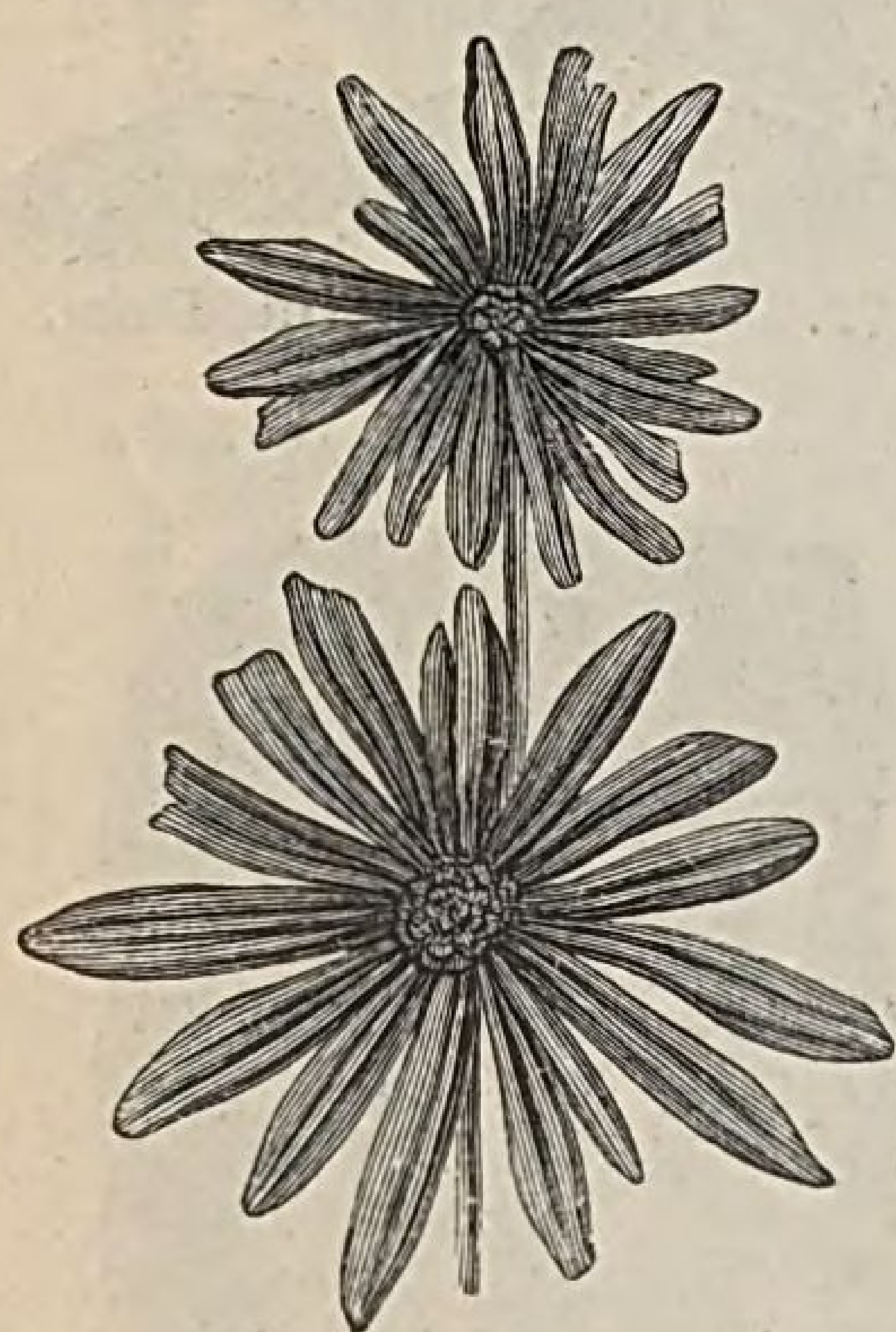


Fig. 75. Annularia radiata *Brongn.*

Fische, als Ctenacanthus und Psammodus, schließlich Amphibien, als Dendrerpeton und Branchiosaurus.



Fig. 76. Fusulina cylindrica *Fischer*. Natürliche Größe und vergrößert.

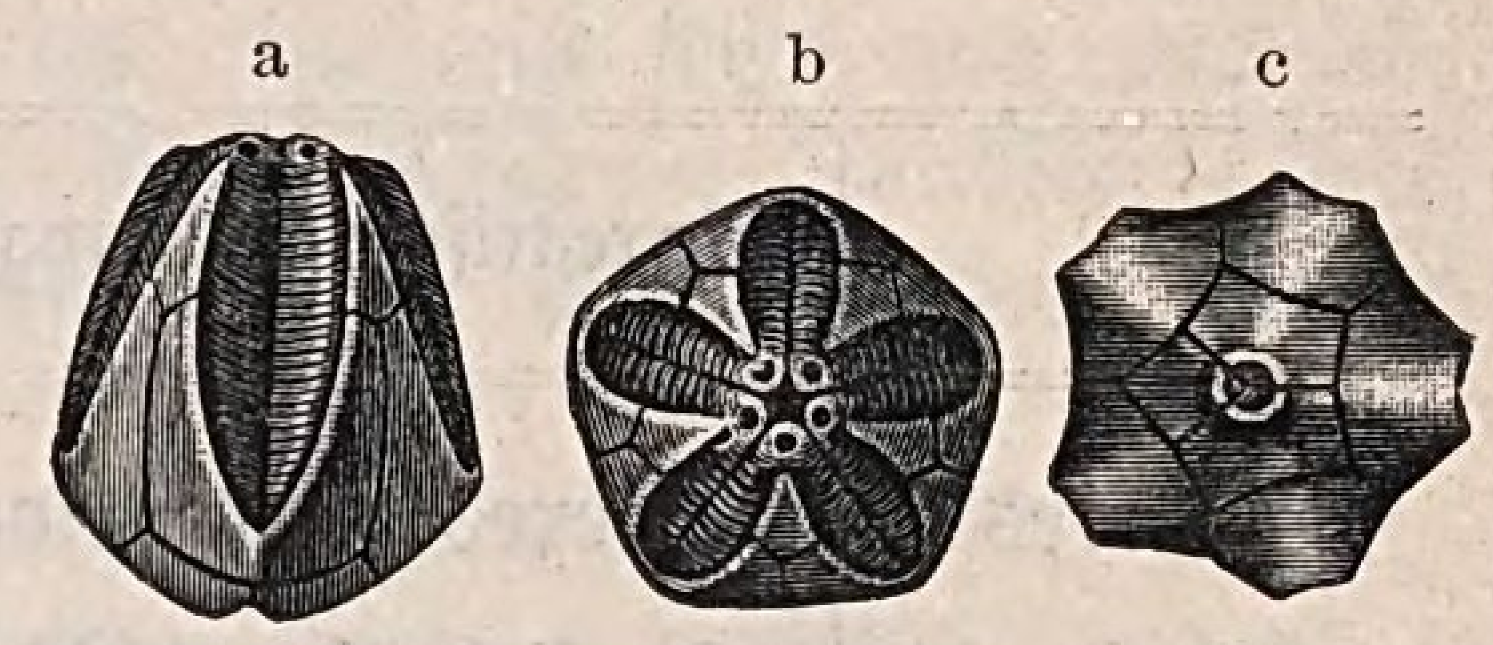


Fig. 77. Pentatrematites florealis *Say*. a von der Seite, b von oben, c von unten.



Fig. 78. Posidonomya Becheri *Br*.

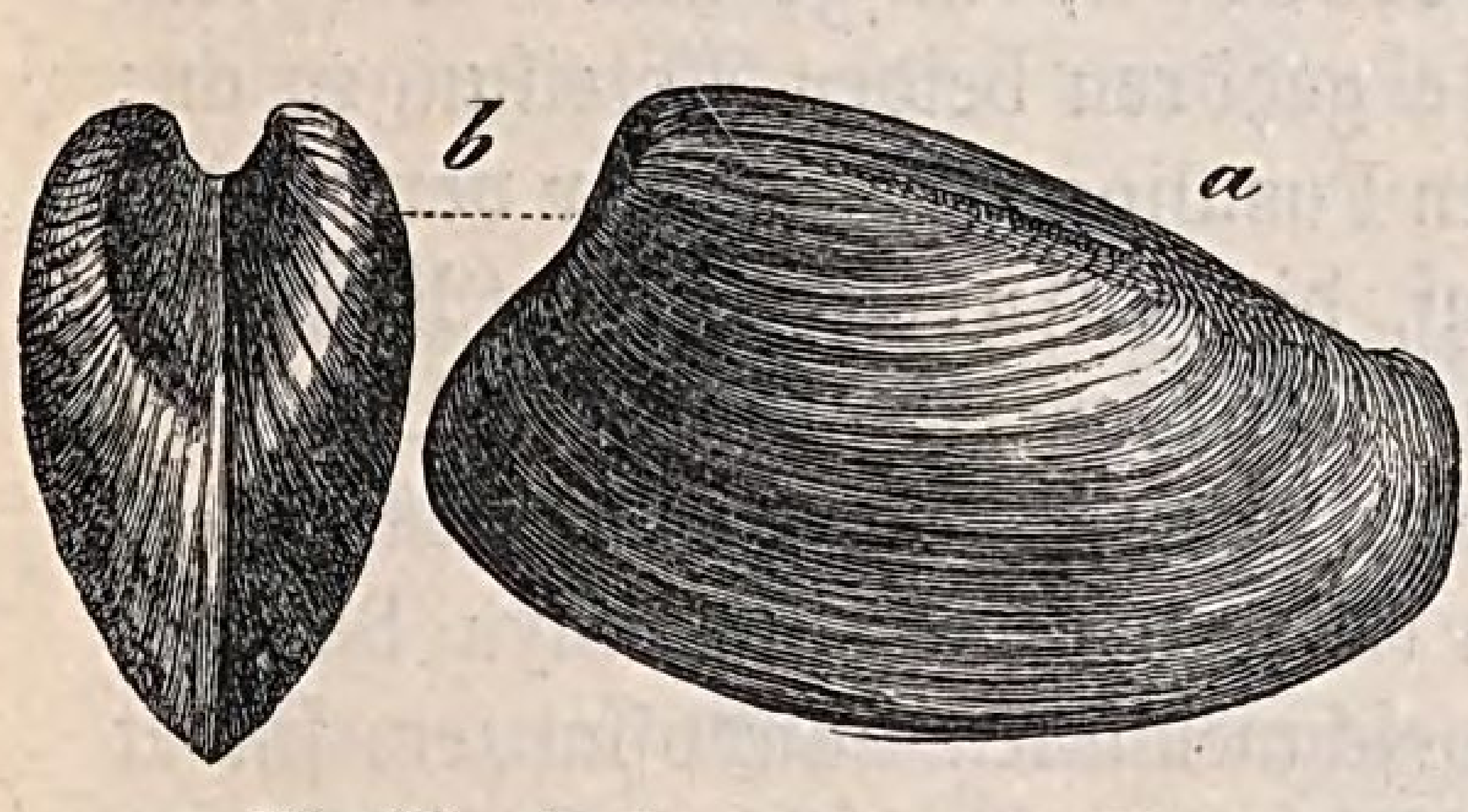


Fig. 79. Anthracosia acuta *King*. a von der Seite, b Ansicht eines Steinkerns im Profil.



Fig. 80. Eoscorpius glaber *Peach*.

Gliederung der karbonischen Bildungen.

Wir kennen zweierlei Facies der karbonischen Sedimente, nämlich eine rein marine, die einerseits wieder pelagischen Ursprungs und kalkiger Natur sein kann, der Kohlenkalk, oder die in sandig-schiefriger Ausbildung entwickelt ist und eine teilweise litorale, jedoch partiell auch pelagische Ab-

lagerung, den Kulm, darstellt, sodann eine terrestrische, wohl in Sümpfen und Süßwasserbecken entstandene Bildung, das produktive Steinkohlengebirge.

	Terrestrische Bildungen	Marine Bildungen	
Oberes Karbon	Oberes produktives Steinkohlengebirge	Oberer Kohlenkalk oder Fusulinakalk	
		litoral	pelagisch
Unteres Karbon	Unteres produktives Steinkohlengebirge oder Kohlenkulm	Kulm	Unterer Kohlenkalk

Wie man aus der vorstehenden Tabelle ersieht, ist das Steinkohlensystem aus zwei Abteilungen, dem Unterkarbon und dem Oberkarbon, aufgebaut. Die rein pelagischen Sedimente gehören beiden Abteilungen an; im oberen Kohlenkalk treten Fusulina und mit ihr verwandte Formen gebirgsbildend auf, die Fusulinakalke (Rußland, Ural, Süd- und Ostasien, Nordamerika &c.); als Leitfossil für Europa mag Productus giganteus *Sow.* gelten. Der Kulm, mit reicher Fauna (Leitform: Posidonomya Becheri *Bronn* (Fig. 78) und eingeschwemmten Landpflanzen, findet sich nur im Unterkarbon. Die terrestrischen Bildungen des Unterkarbons, meist grobe Konglomerate, Sandsteine, Schieferthone &c. mit lokal eingelagerten Kohlenflözen, bezeichnet man auch als Kohlenkulm. Sowohl diese Sedimente, als auch diejenigen der oberen produktiven Steinkohlenformation zeigen manchmal Einlagerungen von Kalkbänken mit mariner Fauna, analog derjenigen des pelagischen Kohlenkalks. Das Unterkarbon schließt nach oben mit einer Sandsteinbildung ab, dem flözleeren Sand-

steine, auch als obere Kulmgrauwacke bezeichnet, der Millstone-grit der Engländer, aus welcher sich dann allmählich die obere Abteilung des Karbons entwickelt. Da, wo die untere Abteilung des Karbons fehlt und nur die obere entwickelt ist, bildet dieser flözleere Sandstein stets oder meistens die Unterlage der Glieder der oberen Abteilung.

Gliederung des oberen, produktiven Karbons in Böhmen, Sachsen, Schlesien und an der Saar, nach E. Weiß.

Bezeichnung	Böhmen, Sachsen, Schlesien	Saargegend
Kalamarien- und Farnstufe	Radowenzer Schichten	Ottweiler Schichten
Sigillarienstufe	Schatzlarer Schichten	Saarbrücker Schichten
Sagenarien- (Lepidodendren-)Stufe	Waldenburger und Ostrauer Schichten	

Die Verbreitung des Steinkohlensystems in Deutschland.

Schlesien. Niederschlesisches oder Waldenburger und oberschlesisches oder Ostrauer Becken, ostwärts nach Polen, westwärts nach Böhmen und Mähren fortsetzend. Zu unterst Kohlenkalk und Kulm, letzterer reich an sehr guter Kohle, dann folgt das Oberkarbon ebenfalls mit mächtigen Kohlenflözen (Xaveriflöz in Oberschlesien mit 16 Meter Mächtigkeit).

Sachsen. Zwickauer Mulde, um Zwickau, Lugauer Mulde, bei Lugau, und Potschappeler Mulde zwischen Dresden und Tharand, alle dem Oberkarbon angehörig, dagegen die Schichten von Hainichen und Ebersdorf dem Kulm.

Pfälzisch-saarbrückisches Becken, ebenfalls oberkarbonisch, Flächenraum etwa 300 Quadratkilometern, die Gegend zwischen Saarbrücken, Saarlouis, Ottweiler und Berbach umfassend, Gesamtmächtigkeit etwa 2800 m, 82 abbauwürdige Flöze mit zusammen 77,6 m Kohlenmächtigkeit.

Westfälisches oder Ruhrrevier, mit einem mächtigen Schichtenkomplex von flözleerem Sandstein beginnend, 2000 Quadratkilometer Flächenraum bedeckend, 90 bauwürdige Kohlenflöze mit 96 m Kohlenmächtigkeit enthaltend, in vier große von W.-S.-W. nach O.-N.-O. streichende flache Mulden, die Wittener, Bochumer, Essener und Duisburg-Oberhausener Mulde, zerfallend.

Steinkohlenbildungen finden sich dann noch in Deutschland im Rheinthal (Berghaupten bei Offenburg in Baden, obere Abteilung; Thann und Niederburbach in den Vogesen, hier Kulm), im nordwestlichen Harze, in Nassau, im Fichtelgebirge, in Thüringen (Kulm), schließlich auch noch im Wormgebiete (Aachen-Eschweiler) mit einer unteren, flözarmen und einer oberen, flözreichen Abteilung.

Weitere Verbreitung des Steinkohlensystems. In Böhmen (Radnitz) und Mähren (Brünn), in Rußland in gewaltiger Entwickelung, und zwar Kohlenkalk von Moskau bis zum Eismeer, oberes, produktives Karbon mit vielen Flözen am Donetz und am Westfuß des Ural. Ferner in Frankreich, und zwar mit Flözen im Norden und im Loirebassin (St. Etienne), auch bei Autun und Creuzot, in den Alpen, dann auf den britischen Inseln, teils oberes, teils unteres Karbon, so bei Newcastle und Durham, in Lancashire, Yorkshire, Nottingham-, Derby-, in Staffordshire, in Wales, in Schottland und in Irland, hier viel Kohlenkalk, in Belgien, mit vielen Flözen, in Nordamerika, hier die Illinois-, Missouri-, Michigan-, neuschottischen Kohlenfelder, in China, Shantung, auf Formosa, in Japan, in Indien, in

Australien, in Südafrika, im arktischen Norden, als in Spitzbergen &c.

Die Glossopteris-Facies des Steinkohlensystems. Eine eigentümliche Entwickelung zeigt das Karbon in den den Indischen Ocean umrahmenden Gebieten von Südafrika, Indien und Südaustralien, woselbst die Schichtenreihe dieses Systems stark entfaltet ist, als kohlen- und pflanzenführende Sedimente, worunter mächtige Konglomeratbildungen auftreten, welche man als Grundmoränen einer eiszeitartigen Periode in jenen Ländern (karbone Eiszeit) erkannt hat. In Südafrika und in Australien beginnt diese Facies des Karbons mit Ablagerungen, welche dem Kulm Europas gleichwertig sind und Lepidodendron und noch andere Pflanzen des europäischen Karbons führen. Darauf folgen die erwähnten Konglomerate (Bachus-Marsh-Konglomerate Südaustraliens, Victoria), die Talchir-Konglomerate Indiens (auf Urgebirge diskordant aufgelagert) und in Afrika die Dwyka-Konglomerate, und auf dieselben die karbonischen und kohlenführenden mächtigen Schichtenreihen mit einer keinen paläozoischen aber einen mesozoischen Charakter besitzenden Flora, darunter Glossopteris, Vertebraria, Voltzia, Pterophyllum, u. s. f. Diese Schichtenreihe ist durch ihre Vergesellschaftung mit typischen Kohlenkalken zweifellos als oberkarbonische gekennzeichnet. Es ist von seiten verschiedener kompetenter Gelehrten die Ansicht ausgesprochen worden, daß diese zu Ende der paläozoischen Aera eingetretene Kälteperiode im Süden unseres Erdballs die Ursache des allmählichen Untergangs der Flora und Fauna des Paläozoikums und ihre Verdrängung durch die Tier- und Pflanzenwelt des mesozoischen Zeitalters gewesen ist.

Die Lagerungsformen des Steinkohlengebirges sind vielfach gestörte, und nur wenige Schichten dieses Systems befinden sich noch in ihrer ursprünglichen Lage. Meist bilden diese Sedimente zahllose Mulden und Sättel, sie sind vielfach geknickt, verworfen, verbogen &c. Namentlich gehören außer den erwähnten Bildungen von Mulden und Sätteln im

Kohlengebirge noch mehr oder minder große Verwerfungen zu den allerhäufigsten Erscheinungen.

Die Eruptivgesteine der Steinkohlenformation sind meist Quarzporphyre, Diabase, Diabasporphyrite und Melaphyre, welche Gänge und Decken in den Schichten der Steinkohlenformation bilden. Ein schönes Beispiel für solche deckenartige Ausbreitung von Diabas in diesen Sedi-

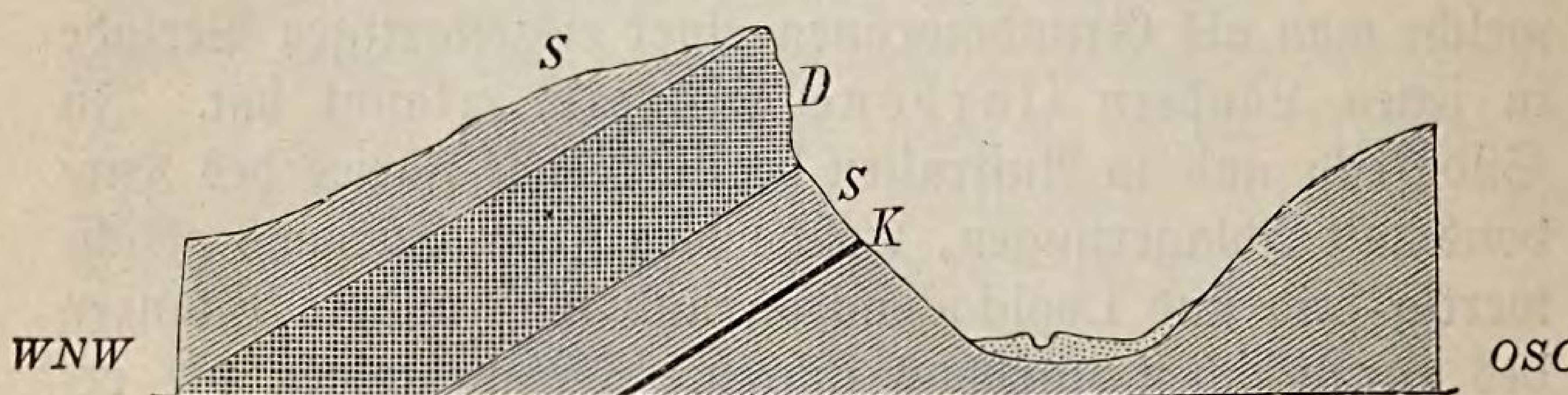


Fig. 81. Profil durch den Remigiusberg bei Cusel. Nach A. Leppla.
S Sandstein der Ottweiler Schichten — K Steinkohlenflöz — D Diabasporphyrit.

menten liefert das obenstehende Profil des Remigiusberges bei Cusel (Fig. 81).

Nutzbare Mineralien der Steinkohlenformation.

Dahin gehören vor allem die Steinkohlen, über deren Auftreten, Bildungsweise ꝛc. schon auf S. 98 ff. das Nötige gesagt worden ist. Eng verbunden mit den Kohlengesteinen ist der Thoneisenstein, zwischen welchem, wenn er mehr oder weniger Kohle in sich aufnimmt, und dem Kohleneisenstein, einem innigen Gemenge von Kohle und Eisenerz, allerlei Uebergänge bestehen. Im Oberharz finden sich Bleiglanzgänge karbonischen Alters, bei Aachen und in Belgien Lagerstätten von Bleiglanz und Zink, die dem Alter nach hierher gehören. Bleierzlagerstätten karbonischen Alters kommen ferner in England und in Nordamerika vor, ebenso zuweilen Asphalt (Neubraunschweig).

Kohlenproduktion der Erde in den Jahren 1880, 1890 und 1895

(in Millionen Tonnen zu 1000 kg, nach der Zeitschrift f. prakt. Geologie, 1896, S. 455).

	1880	1890	1895
Großbritannien	165	203	212
Vereinigte Staaten von Nordamerika	71	158	193
Deutschland	65	98	115
Frankreich	21	29	30
Belgien	19	22	23
Oesterreich-Ungarn	17	30	34
Rußland	4	7	8
Andere Länder	3	13	14
Gesamtsumme	365	560	629

Nasse hat die nach den heutigen Hilfsmitteln der Technik gewinnbaren Kohlenvorräte Deutschlands und einiger anderer Länder zu ermitteln gesucht (unter Annahme von 1200 m als derjenigen Tiefe, über welche hinaus die Gewinnbarkeit der Steinkohlen wegen zu hoher Temperatur mit unseren gegenwärtigen Mitteln im allgemeinen in Zweifel zu ziehen wäre).

Es wurden in	Die gewinnbaren Kohlenvorräte ermittelt zu	Die Förderung im Durchschnitt der drei Jahre 1889, 1890 u. 1891 betrug
	Millionen t	Millionen t
Großbritannien und Irland	198	184,2
Deutschland	112	81,8
Frankreich	18	25,3
Oesterreich-Ungarn	17(?)	20,5
Belgien	15	20,0
Im ganzen	360	331,8

Die in Deutschland vorhandenen Braunkohlen entsprechen etwa 3 Milliarden t Steinkohlen, in den übrigen Ländern

wurde 1 t Braunkohle = 0,6 t Steinkohle angenommen. Die Ergebnisse dieser Ermittelungen sind in der obigen Tabelle mit eingerechnet worden.

Die eigentlichen Steinkohlenvorräte Deutschlands verteilen sich auf die einzelnen Areale des Reiches wie folgt:

an der Ruhr	50,4	Milliarden t
an der Saar	10,4	" "
bei Aachen	1,8	" "
in Oberschlesien	45,0	" "
in Niederschlesien	1,0	" "
im Königreich Sachsen	0,4	" "
in den übrigen kleineren Becken	0,5	" "
im ganzen	109,0	Milliarden t.

Die Erschöpfung der Kohlenvorräte oder doch das Herannahen dieses Zeitpunktes würde sich also zuerst in Oesterreich-Ungarn, Frankreich und Belgien nach spätestens 500 Jahren, dann in Großbritannien und zuletzt in Deutschland, hier vielleicht erst nach 800—1000 Jahren fühlbar machen. Wenn man dagegen annimmt, daß die Kohlenförderung der europäischen Staaten im ganzen bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts sich auf rund 500 Millionen t steigern und alsdann unter Ausgleich des Ausfalles des einen Landes durch Mehrförderung des anderen auf dieser Höhe halten wird, so würde von 1890 ab nach 670 Jahren der Kohlenvorrat Mitteleuropas erschöpft sein. Für Nordamerika sollen nach dem genannten Autor die Kohlenvorräte nur noch für etwa 650 Jahre ausreichen, doch dürften sich für dieses Gebiet wegen der völligen Unberechenbarkeit sowohl der vorhandenen Kohlenschätze wie des zukünftigen Verbrauchs derselben keine richtigen Schlüsse ziehen lassen.

Die Dyasformation oder das permische System.

Der Name Dyas bezieht sich auf den Umstand, daß die Ablagerungen dieses Systems in Deutschland in zwei getrennte und sehr verschiedene, meist aber zusammen vor-

kommende Abteilungen zerfallen, in das Rotliegende, zu unterst, und in die Zechsteingruppe, zu oberst. Die Bezeichnung „permisches System“ oder Perm wurde den hierher gehörigen Schichten nach dem Gouvernement Perm in Rußland gegeben, woselbst diese letzteren große Verbreitung besitzen.

Die Gesteine der Dyas.

Die untere Abteilung besteht meist aus Konglomeraten und Sandsteinen, Schieferthonen und Schieferletten, Thonen und auch aus Kalksteinen. Unter den Konglomeraten walten die grauen und die roten Konglomerate, die Porphyrkonglomerate und Porphyrbreccien besonders vor.

In der oberen Abteilung herrschen Kalksteine, Dolomite, bituminöse Mergelschiefer, Kupferschiefer, Gips und Sandsteine, auch Konglomerate vor. Der Kupferschiefer ist ein bituminöser Mergelschiefer, worin Kupfererze, ganz speziell Kupferkies, Kupferglanz und Buntkupfererz, auch Bitumen fein verteilt sind. Es finden sich jedoch noch andere Erze und gediegene Silber in demselben.

Die Flora besteht meist aus Landpflanzen, zum Teil noch aus denselben Arten wie die der produktiven Steinkohlenformation. Es kommen noch wenige Kalamiten vor, dann Farne, Cycadeen und Koniferen. Von Farnen nennen wir als besonders wichtig die Gattungen Callipteris (Callipteris conferta) und Pecopteris (Pecopteris arborescens, Fig. 82), dann die verkieselten Farnstämme (Psaronius, Madensteine, Starsteine). Von Koniferen sind besonders zu erwähnen Walchia piniformis (Fig. 83) und die Zweige und Früchte von Ullmannia Bronni (Frankenberger Kornähren, Fig. 84).

Die Fauna der Dyas ist weniger reichhaltig als diejenige der Steinkohlenformation. Wir heben hervor die Bryozoen Fenestella retiformis *Schl.* (Fig. 85), die Brachiopoden Productus horridus *Sow.* (Fig. 86), Spirifer undulatus (Fig. 87), Camarophoria etc. Die Zweischaler weisen die wichtigen Genera Schizodus obscurus *Sow.* (Fig. 88),

Avicula speluncaria *Schl.*, Gervillia und andere mehr auf. Weniger wichtig sind für die Dyas die Gastropoden und

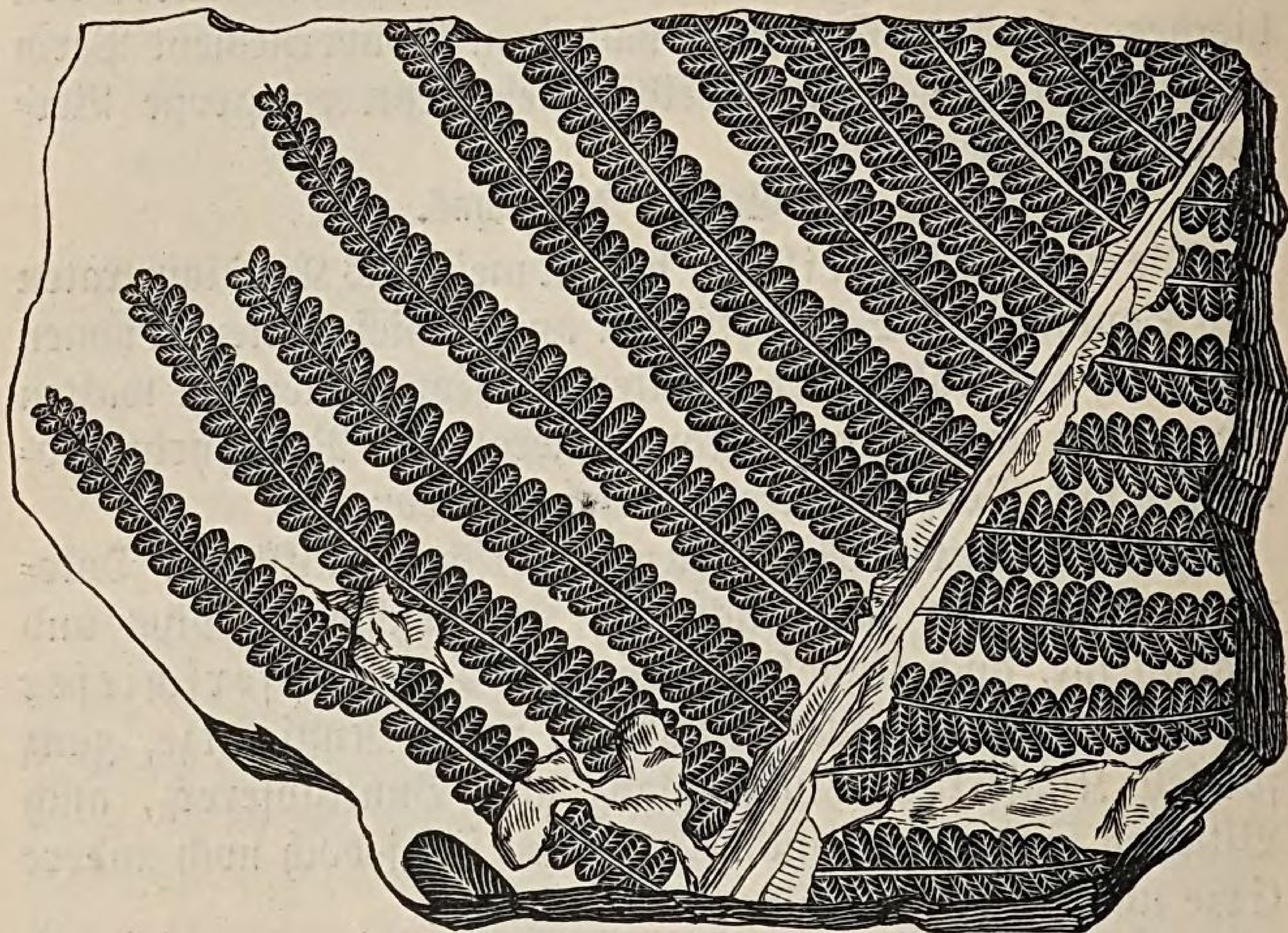


Fig. 82. Pecopteris arborescens *Schloth.* sp.

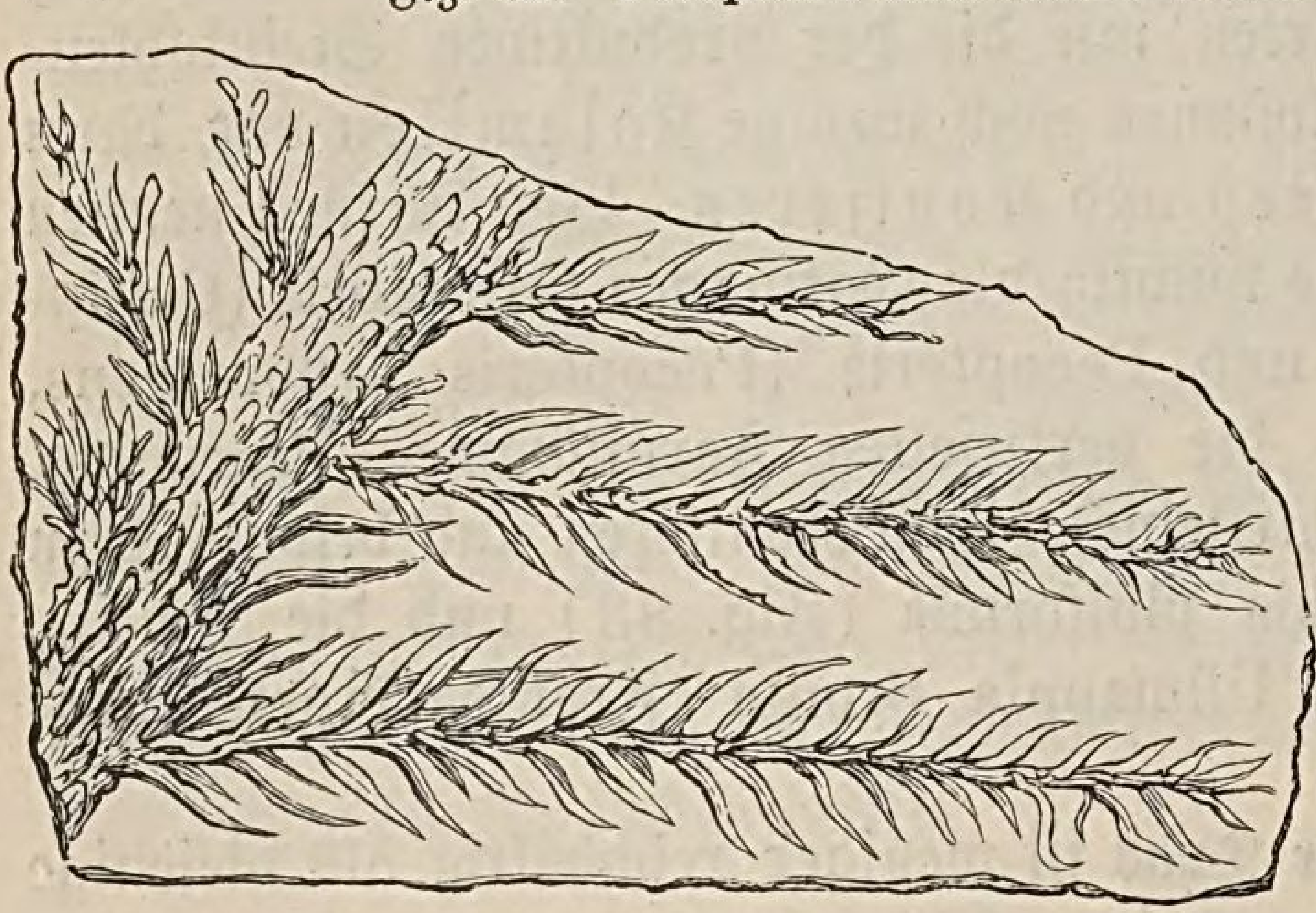


Fig. 83. Walchia piniformis *Schloth.*



Fig. 84. Zweigende von Ullmannia Bronni *Göpp.*

auch die Cephalopoden, von keinerlei großer Bedeutung sind die Arthropoden, welche mit Insekten (Blattina), Schalenkrebsen 2c. auftreten, wichtig dagegen sind gewisse Wirbel=

tiere, so die heterocerkalen Ganoiden Palaeoniscus (Fig. 89), Platysomus (Fig. 90), Amblypterus und die Labyrinthodonten Archegosaurus (Fig. 91), Branchiosaurus, Pelosaurus und andere Arten mehr.

Das Rotliegende

(auch Totliegendes genannt) gliedern wir der Hauptsache nach wie folgt in den beiden typischesten Gegenden Deutschlands.

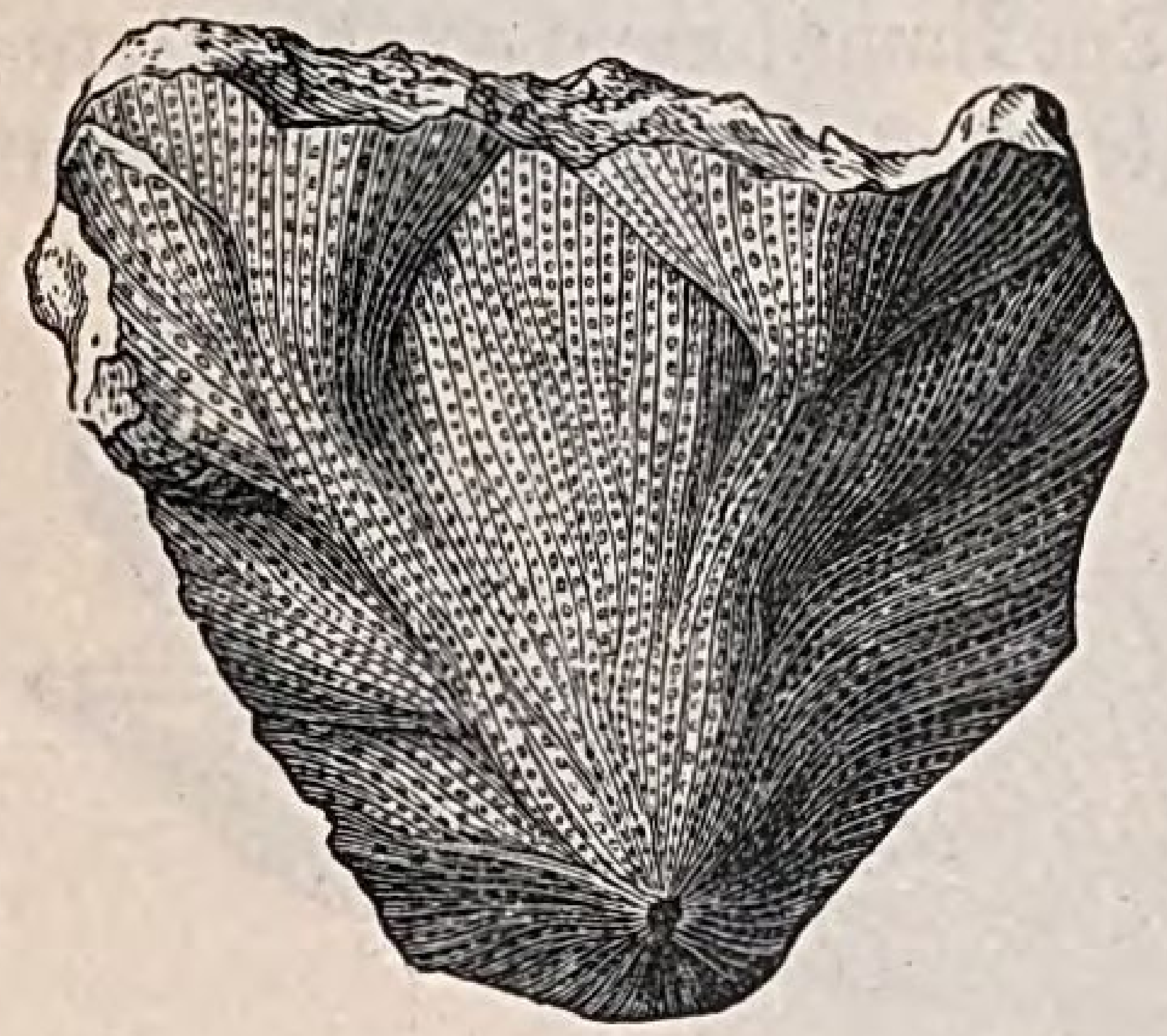


Fig. 85. Fenestella retiformis *Schloth.*

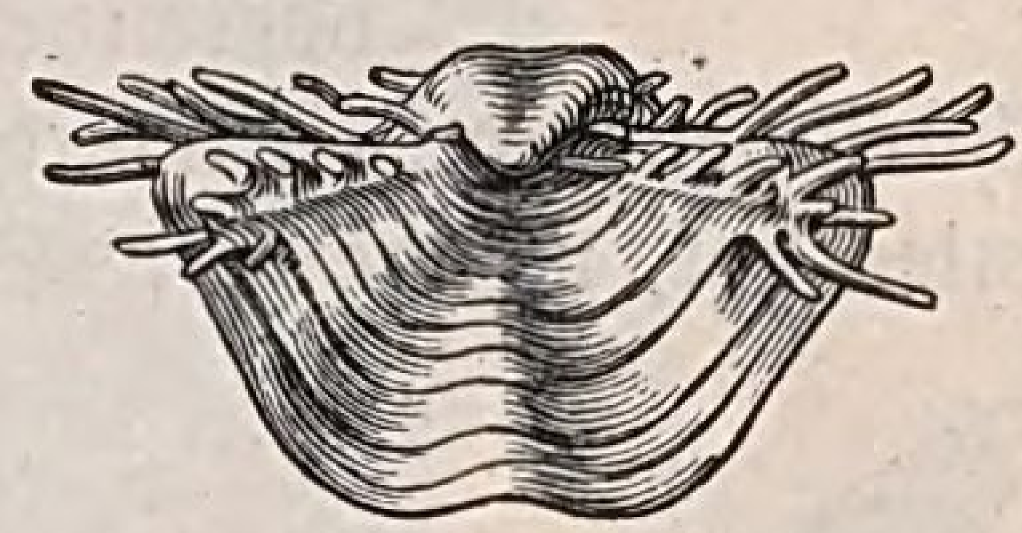


Fig. 86. Productus horridus *Sow.*



Fig. 87. Spirifer undulatus *Sow.*

In der Grafschaft Mansfeld und dem südlichen Harzrande: Zu unterst: Feinkörnige Konglomerate, schiefrige Sandsteine, Schieferletten, mit Neuropteris, Pecopteris etc., das untere Rotliegende genannt. Darüber: rote Schieferletten, feinkörnige Sandsteine, Hornquarzkonglomerate 2c., das mittlere Rotliegende. Zu oberst: das obere Rotliegende, aus Sandsteinen und Quarzporphyrkonglomeraten bestehend.

In der Saarbrücker Gegend: Zu unterst: die Cuseler Schichten, mit Kalamiten, Callipteris, Pecopteris, Walchia etc.; Schieferthone, Sandsteine, Kalk und Kohlenflöze. Darüber: die Lebacher Schichten, aus Kohlenflözen, Schieferthonen, Sandsteinen, Arkosen, kieseligen Kalken mit Thoneisensteinnieren als Einlagerungen 2c. be-

stehend. In diesen Thoneisensteinnieren befinden sich die Reste von Archegosaurus, Amblypterus, Walchia etc.

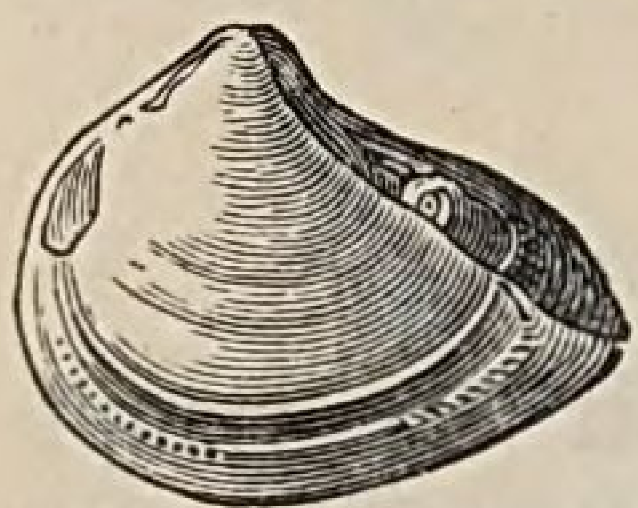


Fig. 88. Schizodus obscurus *Sow.*

Darüber: das obere Rotliegende, größtenteils aus zerstörtem Porphyrmaterial zusammengesetzt, ohne Versteinerungen.

Das oftmals bis zu 2000 Meter mächtige Rotliegende hat seinen Namen von den vorherrschend rot gefärbten Schichten, die die Unterlage der gleich zu besprechenden oberen Abteilung, der Zechsteingruppe, in Thüringen und Hessen bilden. Der Name kommt von den Bergleuten her, welche diese Schichten das rote Liegende benannt

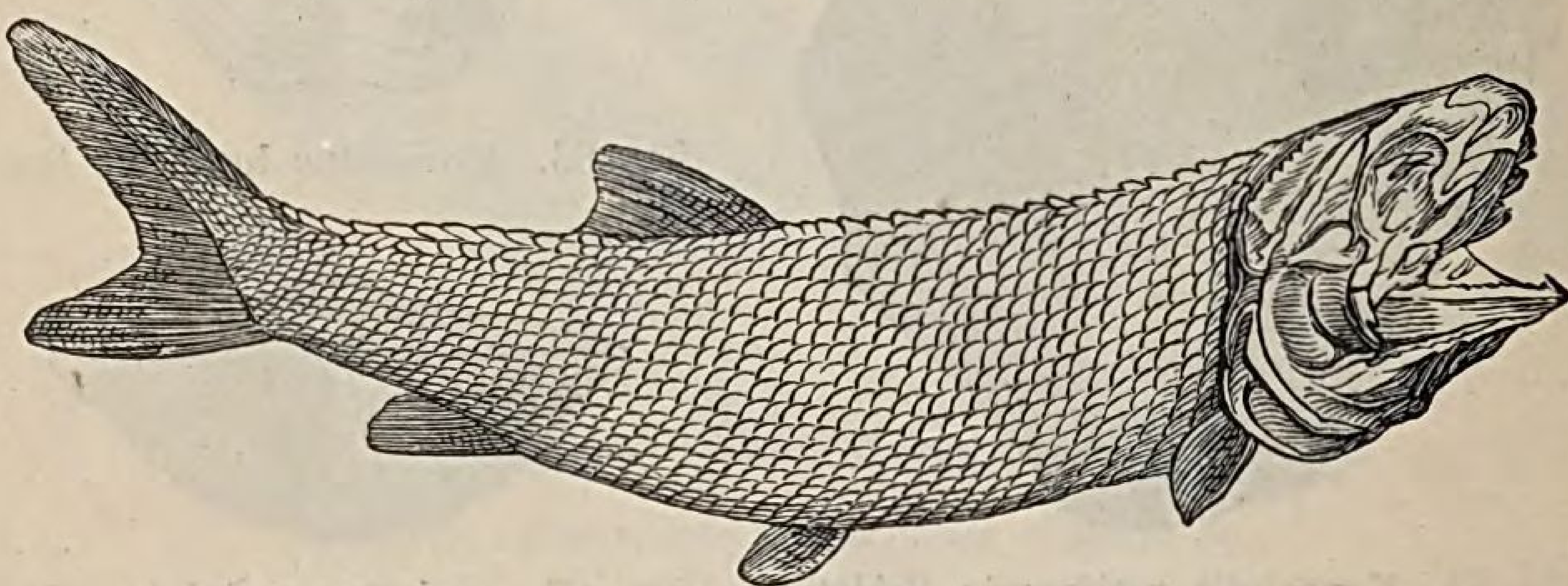


Fig. 89. Palaeoniscus Freieslebeni *Agass.*

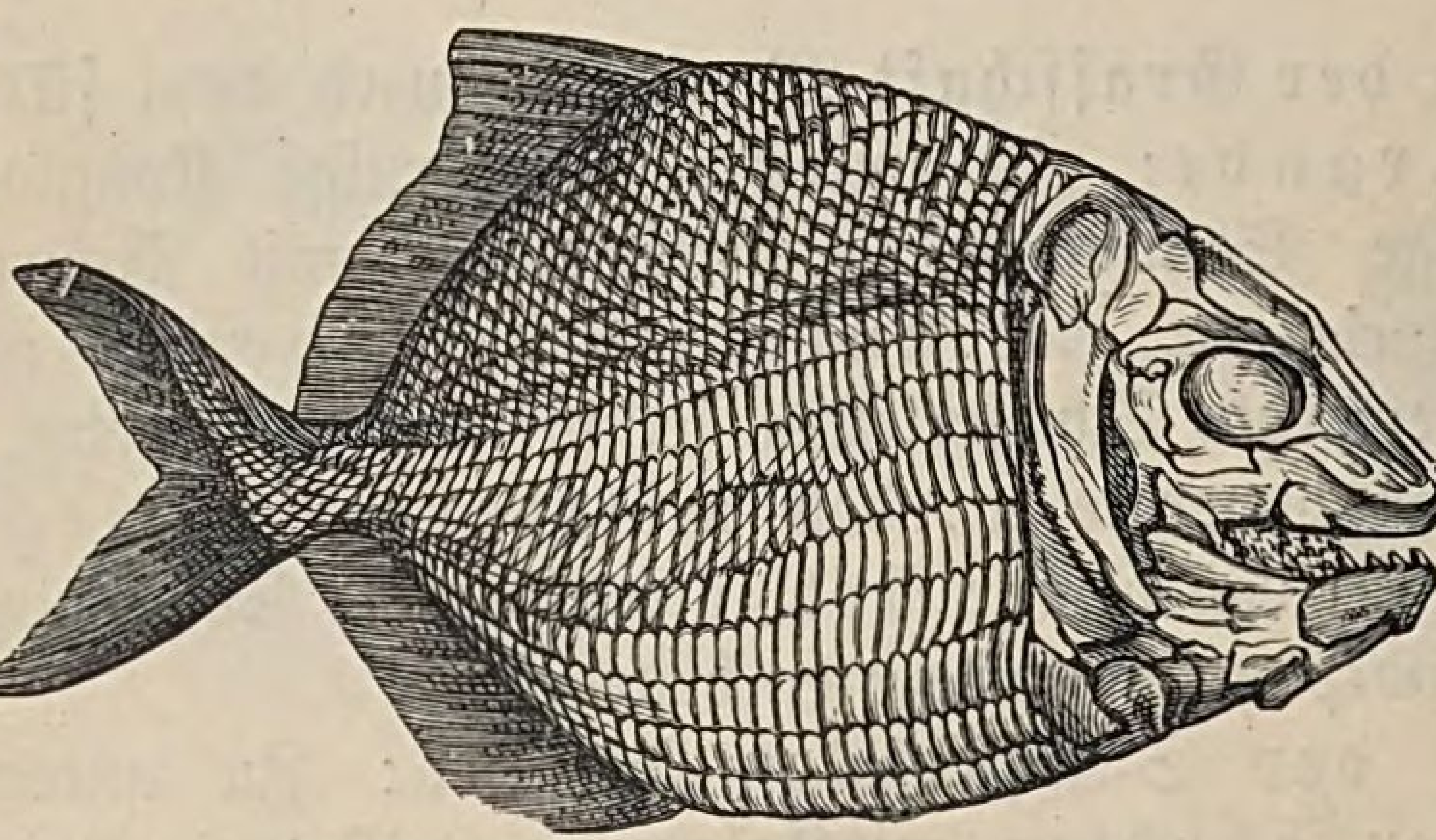


Fig. 90. Platysomus striatus *Agass.*

hatten. Die nachstehende Abbildung (Fig. 92) stellt idealisiert die sehr häufige Verbindung, das Zusammenvorkommen des Rotliegenden und der karbonischen Sedimente

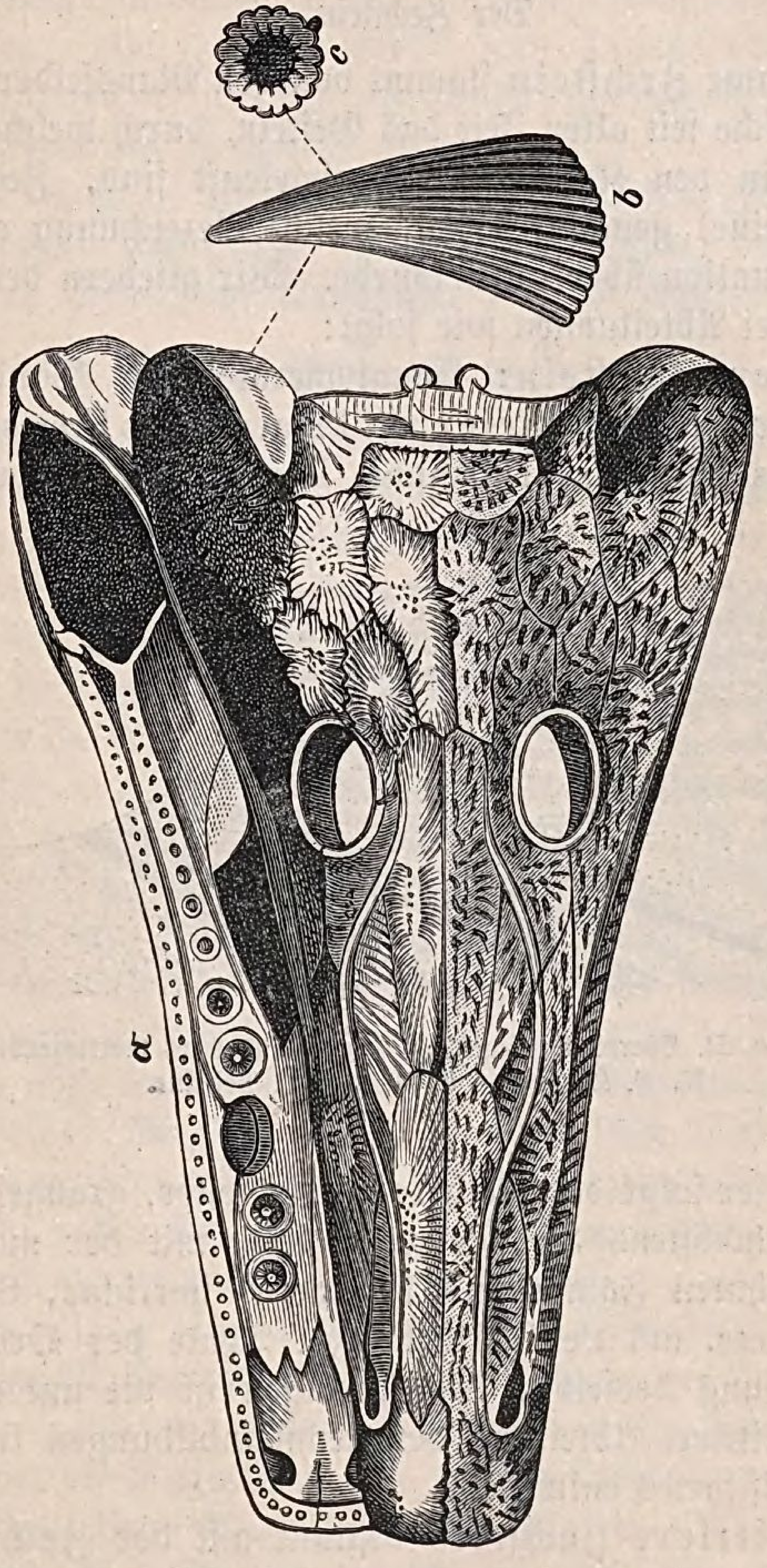


Fig. 91. Archegosaurus Decheni *Goldf.* Perm.
a Schädel — b Zahn — c Durchschnitt durch den Zahn.

dar, wobei ersteres sehr oft, wie in dieser Skizze, übergreifend über die geneigten Schichten der Kohlenformation gelagert ist.

Der Zechstein.

Der Name Zechstein stammt von den Mansfelder Bergleuten, welche seit alter Zeit das Gestein, durch welches ihre Schächte in den Kupferschiefer abgeteuft sind, Zechsteine (Grubensteine) genannt haben, welche Bezeichnung auf die ganze Formation übertragen wurde. Wir gliedern den Zechstein in drei Abteilungen wie folgt:

Unterer Zechstein: Konglomerate und Sandsteine, darüber der Kupferschiefer mit Palaeoniscus Freieslebeni, Platysomus gibbosus, Ullmannia Bronni etc. Ueber dem

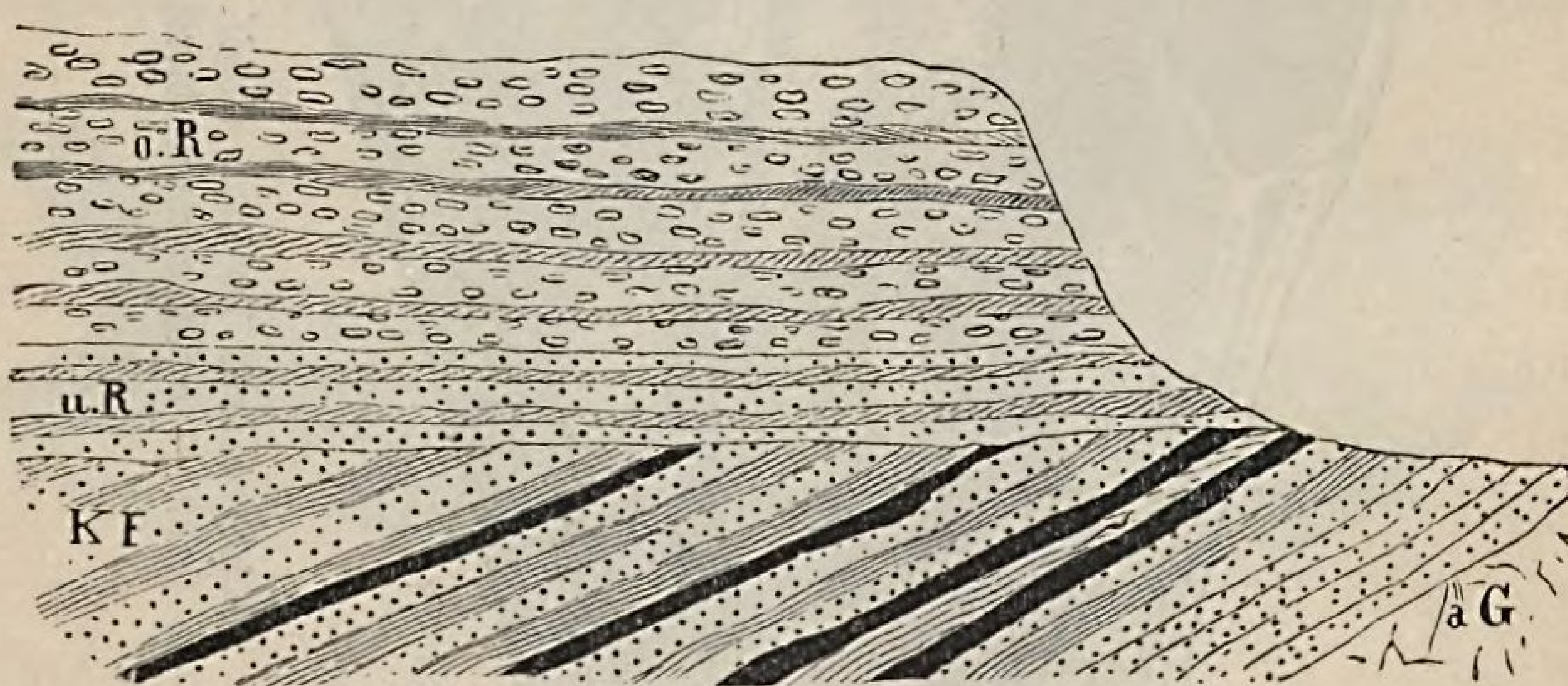


Fig. 92. o. R. Oberes Rotliegendes — u. R. Unteres Rotliegendes — K. F. Karbon — ä. G. Aeltere Gesteine.

Kupferschiefer folgt der Zechstein, ein fester, graugefärbter Kalkstein, höchstens 30 Meter mächtig, mit der marinen, oben erwähnten Fauna und Productus horridus, Spirifer undulatus etc. als Leitfossilien. Im Thale der Orla und der Umgebung desselben in Thüringen ist die untere und auch die mittlere Abteilung der Zechsteinbildungen in einer Bryozoenrifffacies entwickelt.

Der mittlere Zechstein beginnt mit der Zechsteinrauchwacke und Asche, erstere ein feinkörniger, krystallinischer, drusiger und poröser, letztere ein feinsandiger Dolomit. Leitend ist Schizodus obscurus. Darüber folgen eine Reihe von aus Anhydriten, Gipsen, Dolomiten, Mergeln,

Salzthonen und Steinsalzen bestehenden Ablagerungen. Die jüngeren, also oberen Gips- und Dolomitablagerungen (Plattendolomit) werden als oberer Zechstein angesehen, die sogenannten jüngeren Gipse.

Die typischen Lokalitäten für den deutschen Zechstein sind die Gegend am Harze, an seiner westlichen, östlichen und südlichen Seite, am Kyffhäuser und im Thüringer Walde.

Die nutzbaren Mineralien der deutschen Dyas.

Des Erzgehaltes im Kupferschiefer ist schon weiter oben Erwähnung gethan worden. Derselbe hat zu einem ausgedehnten Bergbau Veranlassung gegeben, so besonders in der Grafschaft Mansfeld am Südrande des Harzes, dann in Hessen (Riechelsdorf) und in Thüringen (Ilmenau). Die ersten Anfänge des Mansfelder Kupferschiefer-Bergbaues fallen in das Ende des 12. oder in den Anfang des 13. Jahrhunderts; mancherlei Peripetien hat derselbe durchmachen müssen, bis derselbe im Jahre 1852 in die Hände der Mansfeldschen Kupferschieferbauenden Gewerkschaft übergegangen und zu hoher Blüte gediehen ist. An 1700 Arbeiter finden dadurch ihr Brot. Im Jahre 1889 betrug die Ausbeute (nach Credner) 306598 Centner oder 15329900 kg Kupfer und 86714,5 kg Feinsilber. Gegenwärtig ist der Mansfelder Bergbau durch Wasserzuflüsse hart bedrängt, liefert aber immer noch an 15000 t Kupfer und Kupferstein im Jahr. Der Erzgehalt der 5—18 cm mächtigen Kupferschieferschicht ist ungefähr 2—3 Prozent.

Steinsalz birgt das Dyasgebirge Deutschlands in gewaltigen Massen (oberer Zechstein). Eine der berühmtesten hierher gehörigen Steinsalzlagerstätten ist diejenige von Staßfurt bei Magdeburg, mit mehreren Salzflözen, darunter eins von über 200 Meter Mächtigkeit. Berühmt sind ebenfalls die Staßfurter Abraumsalze (Polyhalit, Kieserit, Sylvin, Karnallit ꝛc.). Auch Eisenerze weist die Dyas auf; die Eisenerzlagerstätten (wohl Umwandlungen des Zechsteins in Spateisenstein und Brauneisenstein durch

eisenhaltige Gewässer) des Stahlbergs und der Mommel im Thüringer Wald gehören hierher.

Das permische System in Rußland und in England ist ungefähr analog den deutschen Dyasbildungen entwickelt. In England entspricht dem deutschen Rotliegenden der Lower new red sandstone, eine Sandsteinbildung mit Resten von Landpflanzen und lokal eingelagerten Kohlenflözen, dem Zechstein dagegen der Magnesian limestone, bituminöser Mergelschiefer mit etwa denselben Fossilien wie der deutsche Zechstein. Auch im Perm Centralrußlands lassen sich zwei Abteilungen unterscheiden, deren untere meist als Sandsteinbildung entwickelt ist, Landpflanzen führt und zum Teil mit Kupfererzen imprägniert ist (Kupfersandstein), während die obere eine marine Ablagerung darstellt, aus Kalken, Thonen, Mergeln, Gipsen und Steinsalz besteht und die Petrefakten des Zechsteins aufweist. Doch sind derselben auch Sandsteinbildungen mit Landpflanzen eingeschaltet.

Das permische System in den Alpen. Das Rotliegende wird repräsentiert durch den Verrucano, ein grobes Konglomerat von rötlicher Farbe. In den Südalpen vertritt wohl der Grödener Sandstein das Rotliegende, der schwarze Bellerophonkalk mit Bellerophon peregrinus *Laube,* B. Guembeli *Stache,* zahlreichen Foraminiferen (Trochammina, Bulimina etc.) den Zechstein.

Weitere Verbreitung des permischen Systems in Europa. Außer in den erwähnten Gegenden ist dasselbe noch in Frankreich, in Böhmen, in Ungarn (bei Fünfkirchen) ꝛc. verbreitet.

Die Verbreitung des Perms in den außereuropäischen Ländern. Die bisher geschilderten Vorkommnisse des Perm in Europa stellen zweifelsohne Schichten dar, die in flachen und seichten Meeren oder in mehr oder weniger abgeschlossenen Meerbuchten abgelagert worden sind, die also einer Binnenfacies entsprechen, für die man die Bezeichnung Dyas im eigentlichen Sinne anwenden kann. Zu den Sedimenten in dieser Entwickelung gehören auch die den Charakter des

Rotliegenden zeigenden Schichten im Osten der nordamerikanischen Union.

Nun kennt man aber noch andere Ablagerungen des Perm, aus deren petrographischem und faunistischem Habitus deutlich hervorgeht, daß dieselben eine pelagische Facies der permischen Schichtenreihe repräsentieren. Dieselben führen eine reiche oceanische Fauna (Productus, Bellerophon, viel Cephalopoden, als Xenodiscus, Cyclolobus etc., zum Teil die Vorläufer der Ammoniten der Triasmeere), welche „das Bindeglied zwischen den paläozoischen und mesozoischen Faunen" darstellt (Credner). Auf dem nordamerikanischen Kontinent (Texas, Ostabhang des Felsengebirges), in Asien (Buchara, Indien), auf den Sundainseln und auf Sizilien hat man solche pelagische Permsedimente entdeckt.

Die Eruptivgesteine der Dyas spielen in derselben eine große Rolle. Sie haben zum großen Teil das Material zur Bildung der mächtigen Konglomerat- und auch Sandsteinbildungen des Rotliegenden geliefert. Es sind meist Quarzporphyre, Porphyrite, Melaphyre und ähnliche Gesteine, die in der untern Dyas stock-, gang- und deckenförmig, zum Teil in großer Mächtigkeit, auftreten. Auch die Tuffe einiger dieser Gesteine sind von besonderer Wichtigkeit, so diejenigen der Quarzporphyre.

Dreizehnter Abschnitt.

Die mesozoische Formationsgruppe oder Aera.

Die Triasformation oder das triassische System.

Unter der Triasformation versteht man drei oftmals scharf voneinander getrennte Schichtenreihen, die aber meist zusammen vorkommen, wie z. B. im westlichen Deutschland, woselbst dieselben von Alberti zuerst genauer untersucht wurden und ihnen die Bezeichnung Trias beigelegt worden

ist. Die Trias besteht in Deutschland (germanische Trias), von unten nach oben, aus folgenden drei Gliedern:

1. aus dem Buntsandstein,
2. aus dem Muschelkalk, und
3. aus dem Keuper.

Die germanische Trias.

Der Buntsandstein.

Der Bundsandstein besteht aus einem Komplexe von Schichten von Sandsteinen, von untergeordneten bunten Schieferthonen, Mergelschiefern, Rogensteinen &c., mit beträchtlichen Einlagerungen von Gips und von Steinsalz.

Die Flora des Buntsandsteins ist größtenteils zusammengesetzt aus Farnen, Equisetaceen (Equisetum Mougeoti etc.) und aus Nadelhölzern. Von letzteren herrschen vor die Gattung Voltzia (Fig. 93) und Albertia. Die nachstehende Abbildung (Fig. 94) zeigt uns ein ideales Landschaftsbild aus der Zeit der Bildung des Buntsandsteins.

Die Fauna des Buntsandsteins bestand zumeist aus Mollusken, von welchen Myophoria costata *Zenk.* zu nennen ist. Daneben finden sich noch etliche seltene Cephalopoden, die Ueberreste von Wirbeltieren (Labyrinthodonten &c.) und die Fährten von noch unbekannten, Chirotherien genannten Tieren, die zu den Labyrinthodonten gehören dürften.

Gliederung des Buntsandsteins.

Der Buntsandstein wird in Deutschland von unten nach oben in folgende drei Abteilungen gegliedert, in

1. den unteren Buntsandstein mit lokalen Einlagerungen von Rogensteinen, Schieferthonen &c. Der Sandstein selbst ist feinkörnig; in

2. den Hauptbuntsandstein von teils grobem, teils feinem Korne, von gelblicher, rötlicher und bunter Färbung; in

3. das „Röth“ genannte Gebilde. Dieses besteht aus einer rot oder auch grün gefärbten Schieferthonbildung aus

Mergeln und Dolomiten, mit Einlagerungen von Gips und von Steinsalz.



Fig. 93. Voltzia heterophylla *Brongn.*
Endzweig, Mittelzweig, Fruchtzweig.

Der Muschelkalk

besteht aus Kalksteinen und Dolomiten mit untergeordneten Einlagerungen von Thonen, Gips und Steinsalz.

Flora. Da der Muschelkalk eine rein marine Bildung ist, so weist diese Schichtenreihe keinen großen Reichtum an Pflanzenresten auf.



Fig. 94. Landschaft aus der Zeit der Bildung des bunten Sandsteins.

Fauna. Von den tierischen Ueberresten sind zu nennen die Echinodermen u. z. die Krinoideen, Encrinus (Fig. 95), deren Stielglieder einzelne Schichten der Formation förmlich erfüllen. Die Brachiopoden sind vertreten durch die Genera Spiriferina, Coenothyris (Fig. 96) ꝛc., die Mollusken durch die Gattungen Pecten, Lima, Gervillia (Fig. 97), Myophoria, Ostrea, Natica, Dentalium, Nautilus und Ceratites (Fig. 98). Von Arthropoden kennt man nur wenige Arten, darunter die Krebsgattung Pemphix, dagegen finden sich die Reste von Wirbeltieren in großer Menge, darunter Fische, als Hybodus, Acrodus, Gyrolepis, Saurichthys etc., und Meeressaurier Placodus, Nothosaurus.

Gliederung des Muschelkalks.

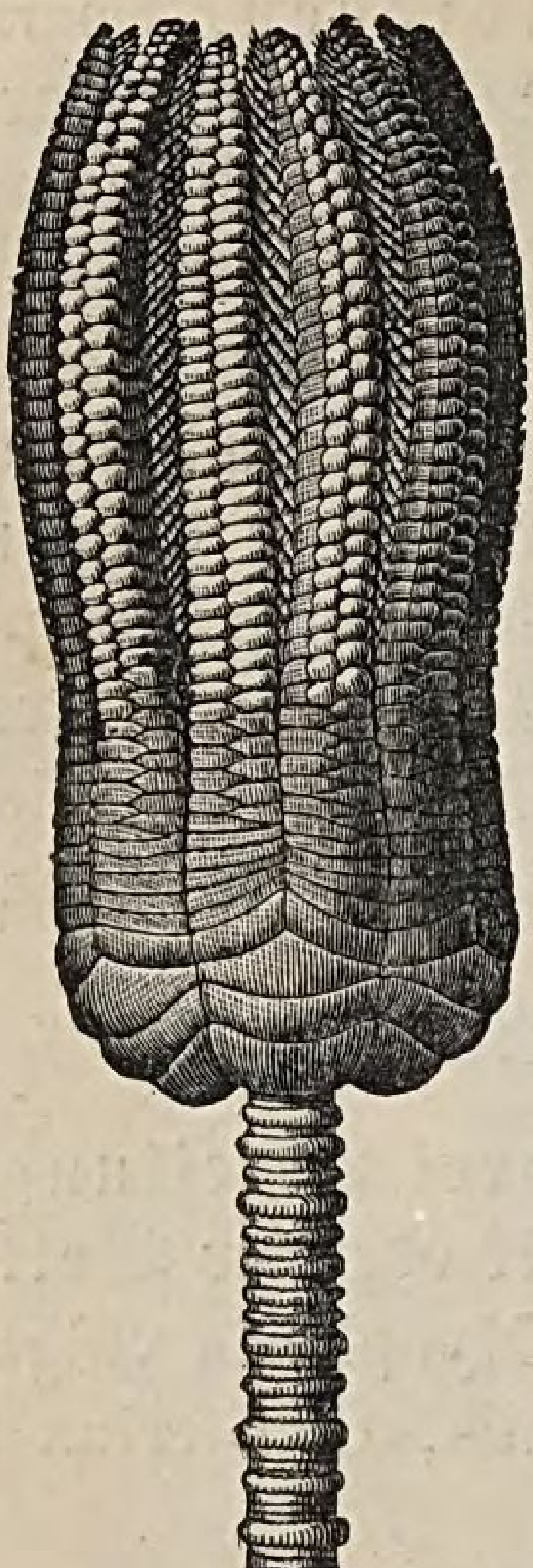
Man teilt den Muschelkalk ein in drei Abteilungen, deren unterste der untere Muschelkalk oder der Wellenkalk genannt wird, mit Lima lineata, Myophoria vulgaris, Myophoria orbicularis, Gervillia socialis, Spiriferina hirsuta etc.

Die mittlere Abteilung wird die Anhydritgruppe genannt. Statt größtenteils aus Kalken zu bestehen, wie der untere Muschelkalk, ist die mittlere Gruppe aus zelligen Dolomiten, Mergeln, Gipsen, Anhydriten und Steinsalz zusammengesetzt. An Fossilien ist die Anhydritgruppe arm.

Der obere Muschelkalk oder der Hauptmuschelkalk bildet die dritte Abteilung, eine Kalksteinbildung mit thonigen Zwischengliedern und Pemphix Sueuri, Ceratites nodosus, Lima striata, Coenothyris vulgaris, Encrinus liliiformis etc.

Der Keuper.

Die Keuperformation besteht aus sandigen und mergeligen Ablagerungen mit untergeordneten Einlagerungen von Gips, Dolomit und Lettenkohle. Der Name Keuper stammt von einer trivialen Bezeichnung gewisser zu dieser Formation gehöriger Mergel in Franken.



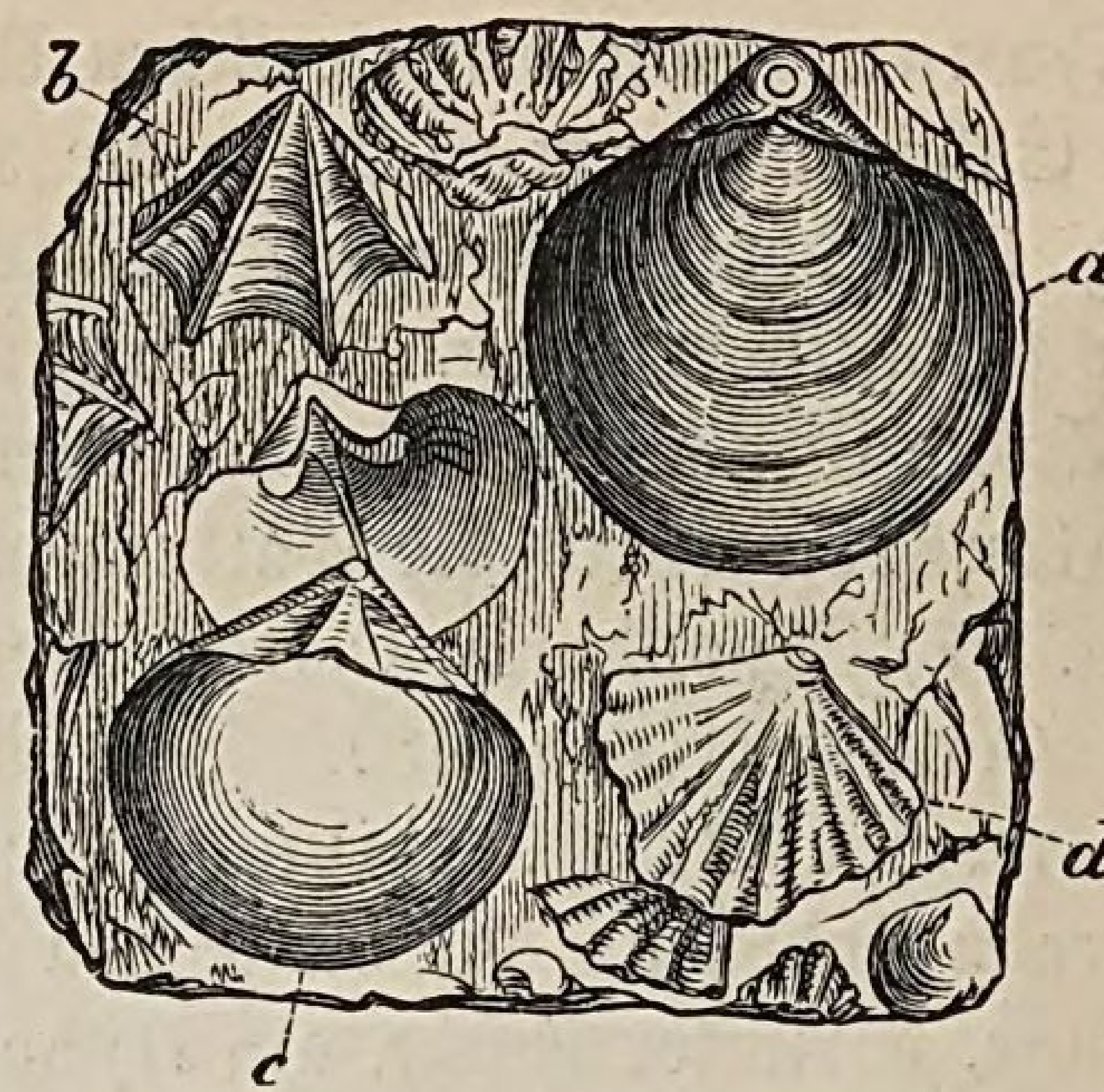
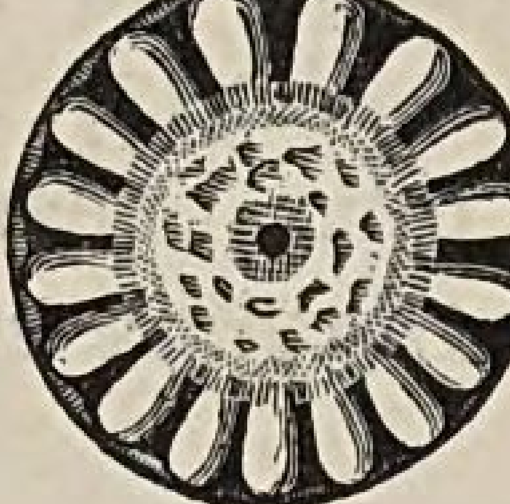


Fig. 96. *a* Coenothyris vulgaris *Schloth* — *b* Retzia trigonella *Schloth* sp. — *c* Spiriferina Mentzeli *Dunk.* — *d* Rhynchonella Mentzeli *Buch* sp.



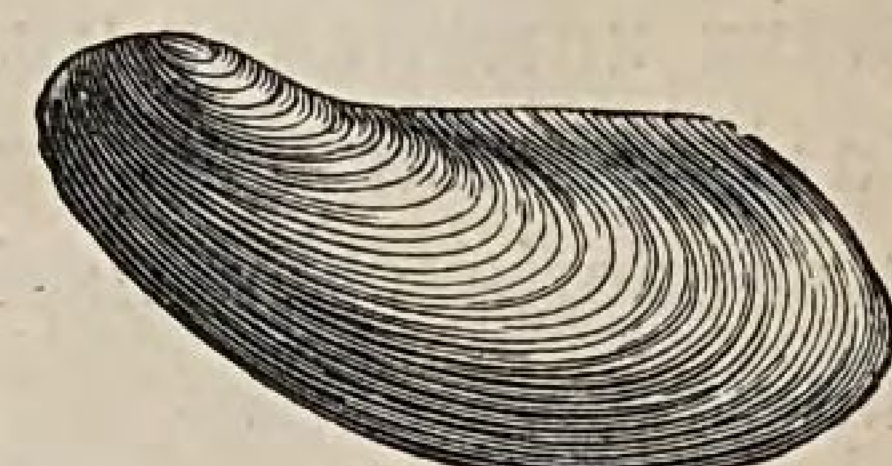


Fig. 95. Encrinus liliiformis *Lam.*

Fig. 97. Gervillia socialis *Quenst.*

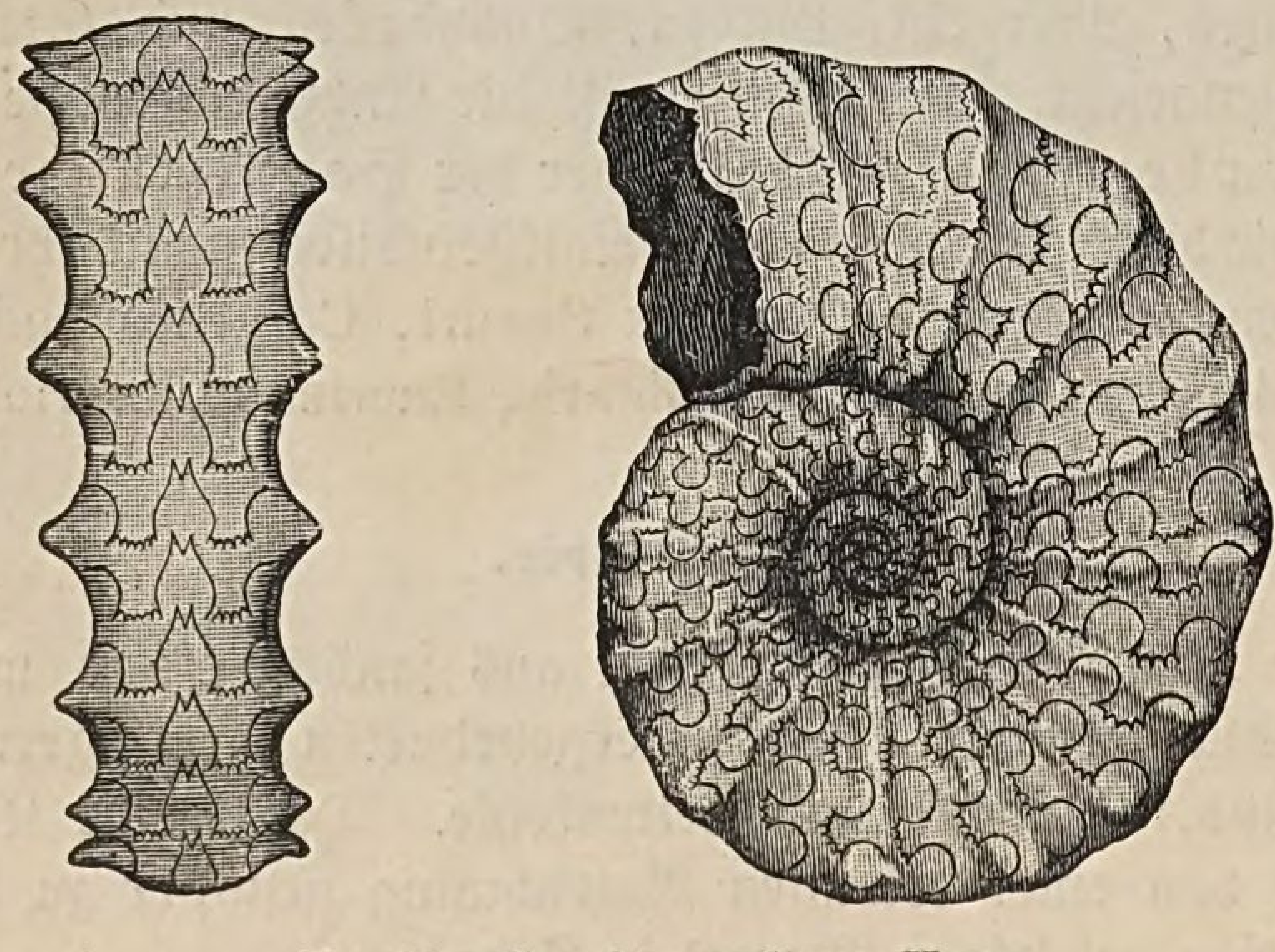


Fig. 98. Ceratites nodosus *Haan.*

Die Fossilien des Keupers sind zumeist Pflanzen-überreste. Hier sind es wiederum Sagopalmen (Cyca-

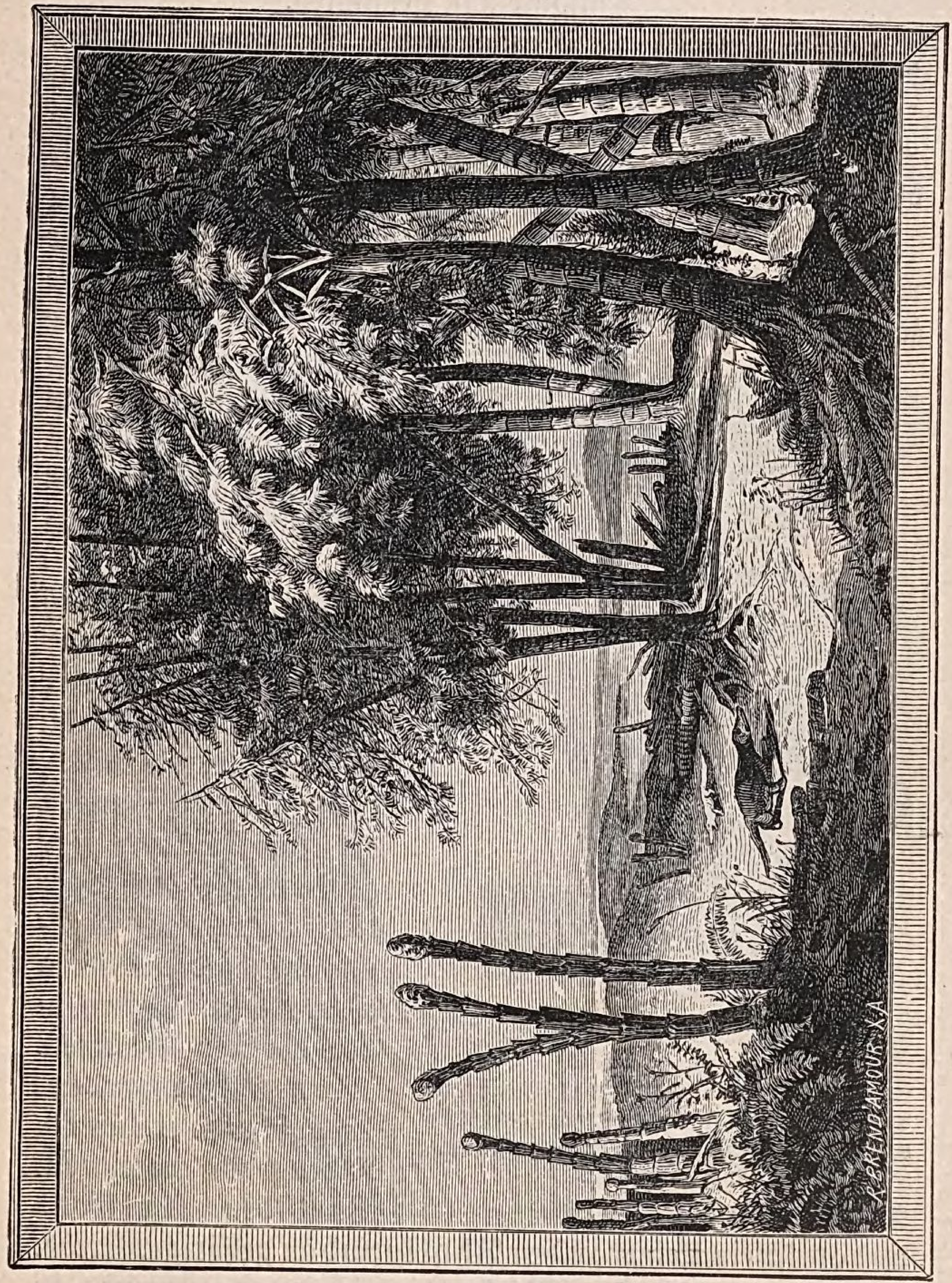


Fig. 99. Landschaft aus der Zeit der Bildung des Keupersandsteins.

deen) mit den Gattungen Pterophyllum, Nilssonia, Zamites, Otozamites und Equisetaceen mit den Geschlechtern

Equisetum, Pterophyllum, sowie Koniferen, worunter das Genus Glyptolepis oder Voltzia, welche zu reicher Entwickelung gelangten.

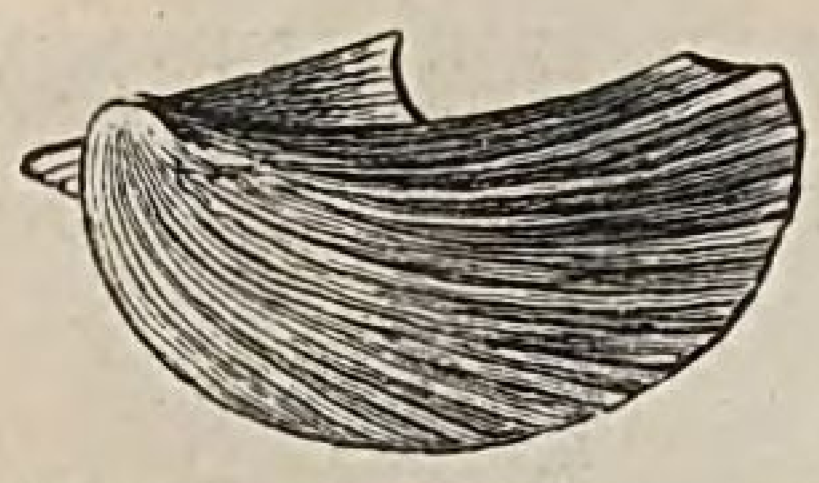


Fig. 100. Avicula contorta *Port.*

Die umstehende Abbildung (Fig. 99), welche wie das ideale Landschaftsbild aus der Buntsandsteinzeit dem Unger-schen Prachtwerk „Die Urwelt" entnommen ist, gewährt uns einen Blick in die Flora des Keupers. Auf der rechten Seite des Bildes gewahren wir reich verzweigte Kalamiten, links Equisetiten, daneben im Hintergrunde rechts und vorne Nadelhölzer, Voltzia. Im Vordergrunde kommt ein riesiger Nicrosaurus aus seinem Versteck hervor.

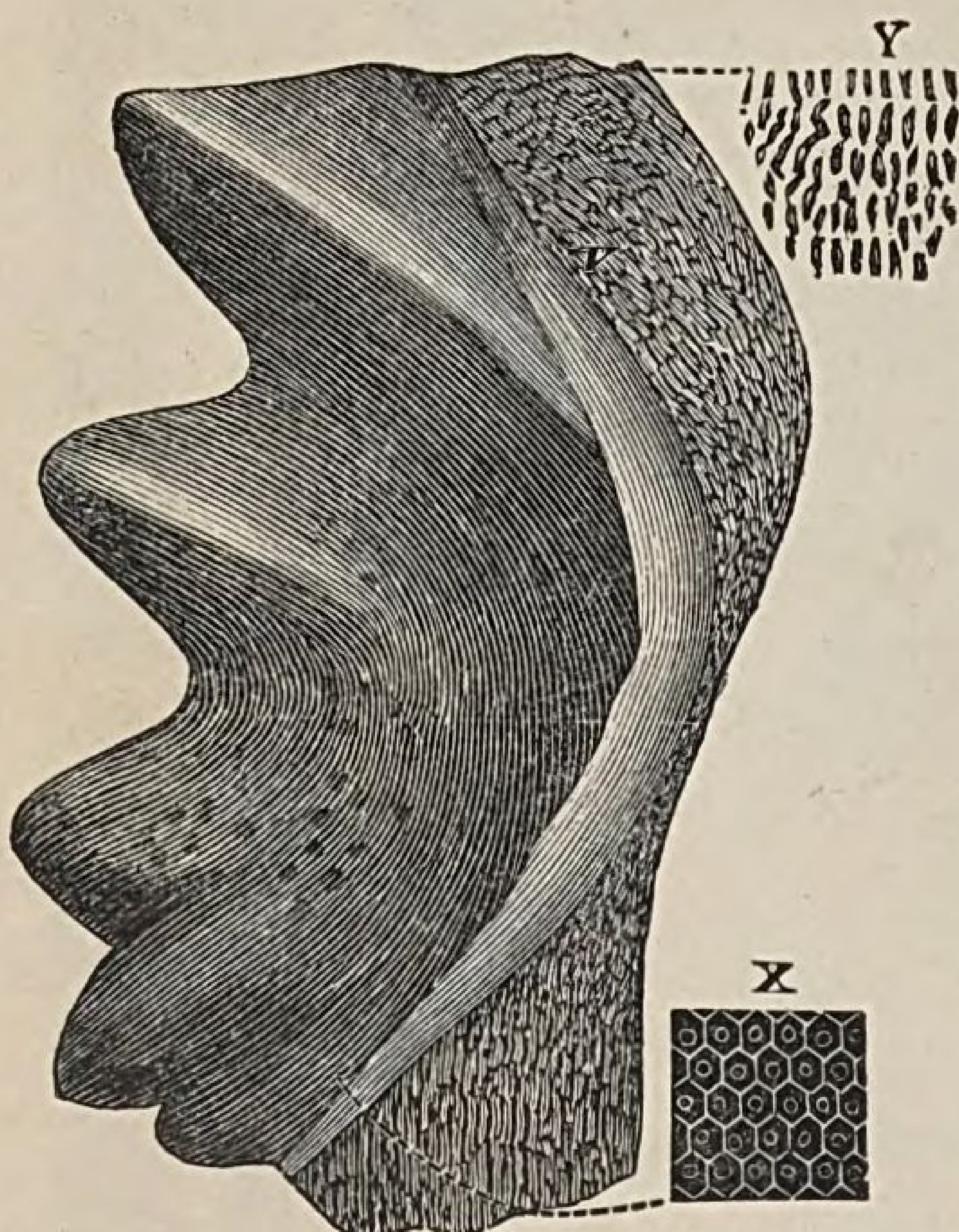


Fig. 101. Ceratodus Kaupii *Agassiz.* Zahn. Aus dem Keuper.
Aus der Lettenkohle von Hoheneck (Schwaben).
Y Vergrößerter Teil der knochenartigen Zahnbasis — X Vergrößerter Teil der Zahnsubstanz. Nach Quenstedt.

Die Fauna des Keupers ist keine sehr reichhaltige. Auch hier spielen wieder, wie im Muschelkalk, die Mollusken, ganz speziell die Zweischaler, eine große Rolle, darunter die Gattungen Myophoria und Avicula (Fig. 100), letztere in den obersten Schichten. Auch Brachiopoden Lingula und Terebratula finden sich vereinzelt. Von den Arthropoden ist ein kleiner zu den Phyllopoden gehöriger Krebs, Estheria, zu nennen. Wirbeltierüberreste kommen in der Keuperformation häufig vor, so kennt man Fische aus

derselben in beträchtlicher Anzahl. Als besonders wichtig sind zu nennen die Gattungen Acrodus, Hybodus, Semionotus und Ceratodus (Fig. 101), welch letztere in den australischen Gewässern sonderbarerweise noch einen lebenden Vertreter hat. Auch die Reptilien sind in der Keuperformation repräsentiert, so durch das Genus Nothosaurus, das zu den Sauropterygiern gehört und schon im Muschelkalk vorkommt, und durch den gewaltigen Belodon (Fig. 102), auch Nicrosaurus genannt, den man zu den Krokodiliern

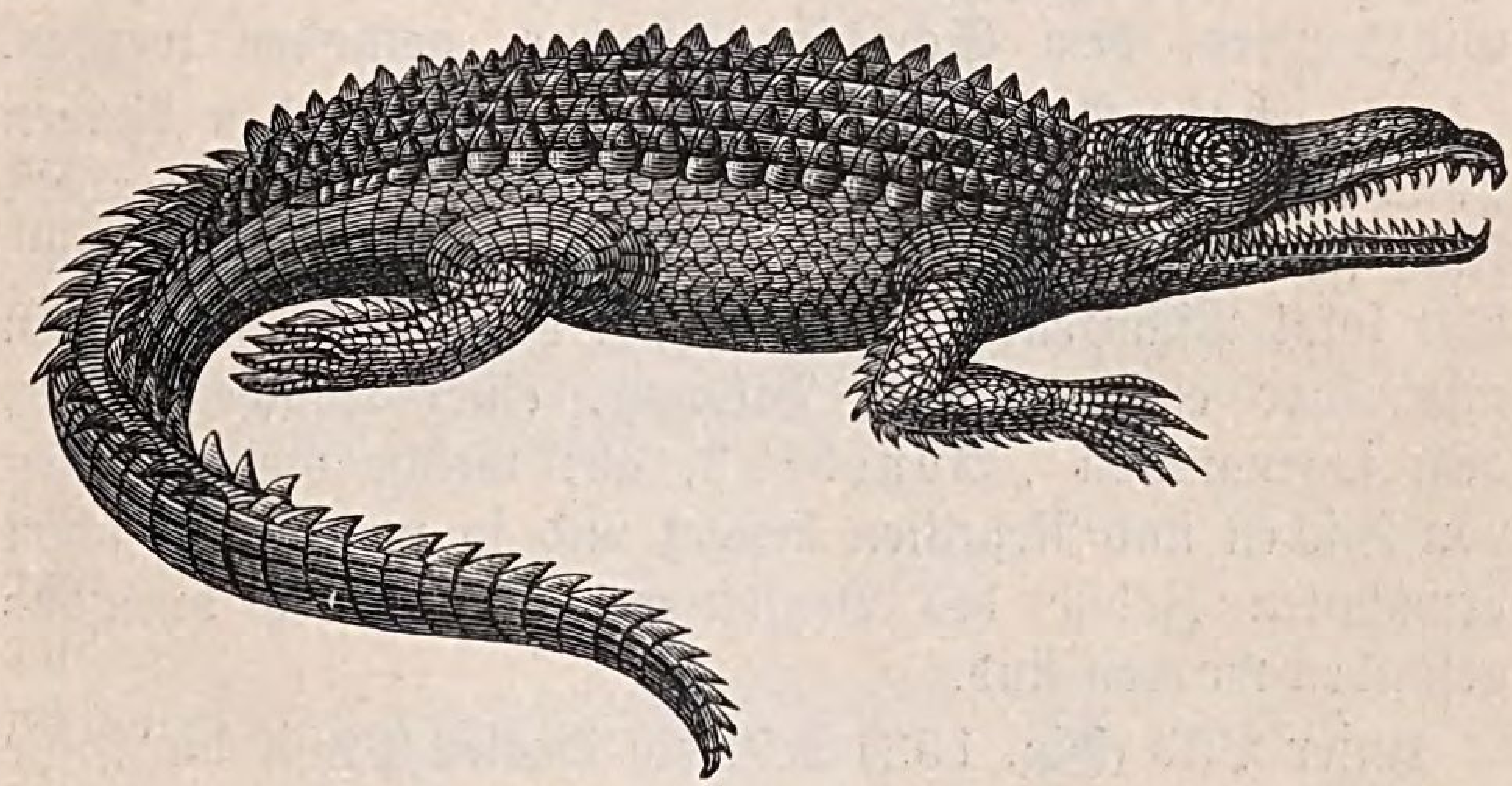


Fig. 102. Restauriertes Bild des Belodon aus dem Keuper von Stuttgart.

zählt. Die Amphibien finden sich im Keuper ebenfalls nicht selten. Hierher gehört die zu den Labyrinthodonten gestellte Gattung Mastodonsaurus. In den alleroberſten Schichten der Keuperformation haben sich die Zähne des ältesten Säugetieres, eines Beuteltieres, Microlestes antiquus, gefunden.

Gliederung des Keupers.

Auch der Keuper wird in drei Unterabteilungen eingeteilt. Die untere Abteilung, welche aus Sandsteinen und Schieferthonen besteht, mit einer Einlagerung von Lettenkohle, wird die Lettenkohlengruppe oder der Kohlen-

keuper genannt. In diesem Kohlenkeuper kommt Estheria minuta vor.

Die mittlere Abteilung oder der Gipskeuper wird aus Sandsteinen mit bunten Mergeln und Gipseinlagerungen, lokal auch von Einlagerungen von Steinsalz gebildet. In derselben finden sich die Reste von Semionotus, Belodon etc. Auch die berühmte Vogelechse, Aëtosaurus ferratus *Fraas,* stammt aus dem Gipskeuper, aus dem sogenannten Stubensandstein, während die weiter oben erwähnten Pflanzenreste in einer etwas ältern Schicht des Gipskeupers, dem Schilfsandsteine, gefunden werden.

Die obere Abteilung des Keupers trägt den Namen „das Rhät“ oder „die Zone der Avicula contorta“. Auch sie besteht aus Schieferthonen und Sandsteinen, enthält lokal Pflanzenreste und schließt hie und da nach oben mit einer eigentümlichen Bildung, einer Knochenbreccie, dem sogenannten „Bonebed“, ab, welche aus Knochen von Fischen und Reptilien besteht und in welcher die schon erwähnten Zähne des Beuteltieres Microlestes antiquus gefunden worden sind.

Unser Bild (Fig. 103) stellt ein ideales Profil durch die deutsche Trias dar. Die obere Abteilung des Keupers, das Rhät, ist nicht besonders darauf ausgeschieden.

Die Verbreitung der Trias in Deutschland.

In Deutschland unterscheiden wir vier Triasgebiete, nämlich:

1. Das norddeutsche, dessen nördlichster Punkt die Nordseeinsel Helgoland ist,
2. das fränkisch-schwäbische,
3. das elsässisch-lothringische und
4. das oberschlesische Triasgebiet.

Die Lagerungsverhältnisse der deutschen Trias sind vielfach gestört; verworfene und gebogene sowie auch geknickte Schichten sind in der germanischen Trias keineswegs Selten-

heiten. Gute Beispiele liefern hierfür der Thüringer Wald, das obere Rheinthal und andere Orte mehr.

Germanische Facies der Trias in anderen Ländern.

Die Trias findet sich in ähnlicher Entwicklung sonst noch in England (New red sandstone-group), woselbst aber nur

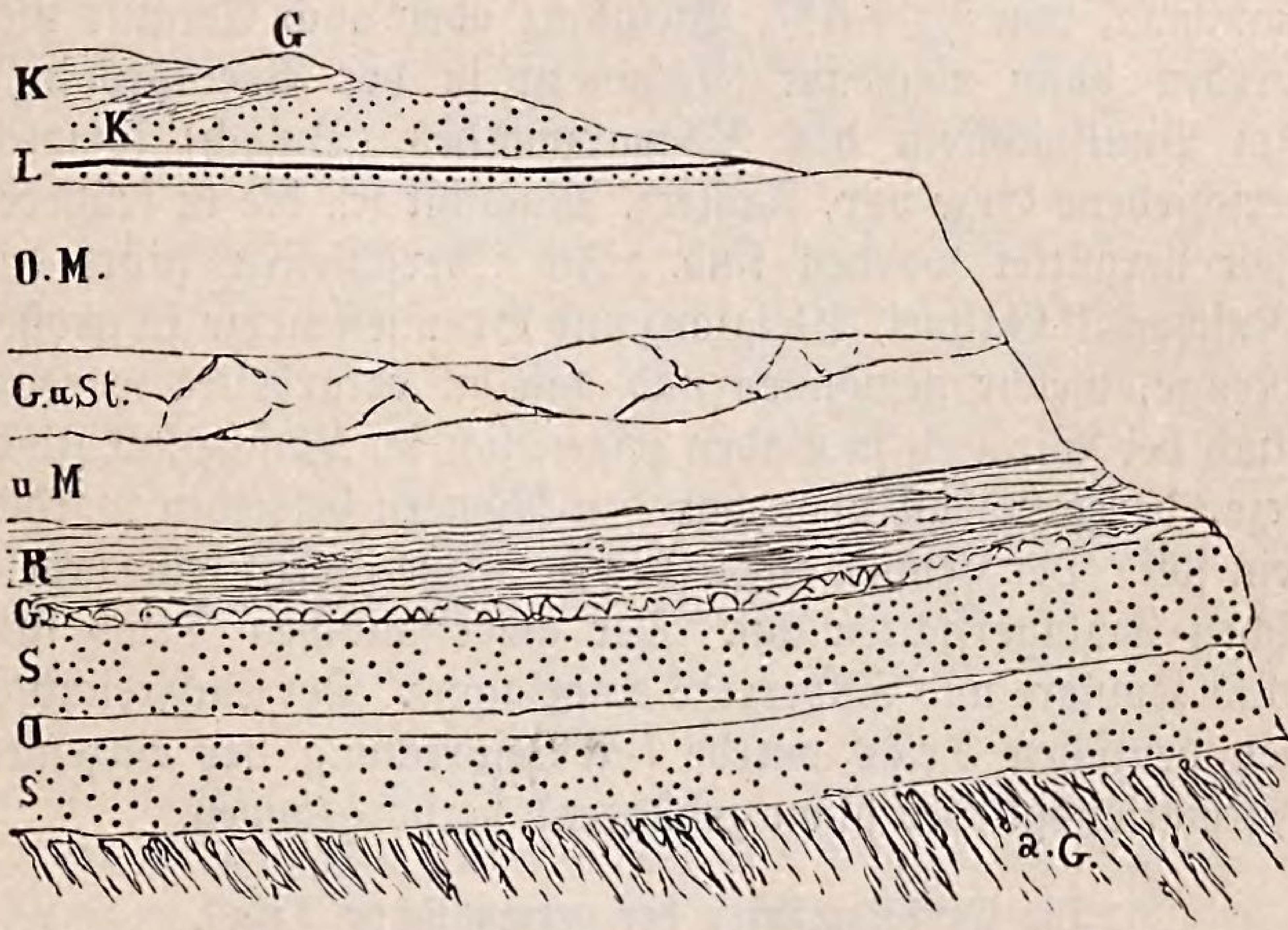


Fig. 103. K. Keupermergel und Sandstein, G. Gips im Keuper — L. Lettenkohle in der untern Abteilung der Keuperformation — O. M. Oberer Muschelkalk — G. u. St. Gips und Steinsalz in der Muschelkalkformation — u. M. Unterer Muschelkalk oder Wellenkalk — R. Röth, aus rotem Schieferthon und G. Gips bestehend — S. Sandstein der Buntsandsteinformation — O. Oolithschichten (Rogensteine) zwischen Buntsandstein — ä. G. Aeltere Gesteine.

deren unterste und oberste Glieder, also der Buntsandstein und der Keuper, nicht aber der Muschelkalk entwickelt sind; beide Formationsglieder gehen ineinander über, ohne sich scharf voneinander trennen zu lassen. Dann kennen wir die Trias noch in Frankreich, in Spanien und Portugal, im südlichen Schweden (pflanzenführendes Rhät) und in Nordamerika (hier ebenfalls unter der Bezeichnung New red sandstone), woselbst sie in Nordcarolina und in Virginien Steinkohlen, die abgebaut werden, und Eisenerze führt.

Der Erzreichtum der Trias

in Deutschland ist nur ein verhältnismäßig geringer. So ist an einzelnen Stellen der Buntsandstein in einer Mächtigkeit von vielen Metern von kleinen Partikelchen von Bleiglanz erfüllt, in der Form von kleinen Körnern. Man nennt solche Sandsteine Knottensandsteine; dieselben enthalten manchmal von $^3/_5$—5 % Bleiglanz oder auch Cerussit und werden dann abgebaut (Kommern in der Rheinprovinz). Im Buntsandstein des Schwarzwaldes (Bulach) kommen verschiedene Erze vor, Fahlerz, Malachit ꝛc., die in früherer Zeit verhüttet worden sind. In Oberschlesien führt der Muschelkalk Galmei, Bleiglanz und Brauneisenerze in großer Menge, welche gewonnen und daselbst verarbeitet werden. Auch bei Wiesloch in Baden zeigen sich im Muschelkalk Zinkerze, deren Abbau schon von den Römern betrieben worden sein soll. Der Keuper außerhalb der Alpen weist keine erheblichen Erzlagerstätten auf. Der amerikanischen Trias sind lokal Kupfer- und Silbererze eingelagert. Der Salzreichtum der deutschen Trias wurde bei Besprechung der einzelnen Formationsglieder schon gebührend hervorgehoben.

Die Eruptivgesteine der germanischen Trias.

In Deutschland kennt man solche kaum. Die Gesteine, welche hier die triassischen Schichten durchsetzen, sind erst in einer späteren Periode durchgebrochen. Anders verhält sich die Sache in Nordamerika, woselbst während des Absetzens der triassischen Formationen zahlreiche Eruptionen von Diabasen, Melaphyren und dioritischen Gesteinen stattfanden, mit welchen die besagten Erzlagerstätten in Verbindung stehen.

Die pelagische oder alpine Trias.

Aehnlich wie beim permischen System kennt man auch in der Trias eine Binnenfacies, die eben geschilderte germanische Entwickelung des triassischen Systems, und eine pelagische Facies, welche nach derjenigen Gegend, in der man diese Schichtenreihe zuerst erkannt hat, den Namen

der alpinen Trias führt. Ihr Verbreitungsgebiet umfaßt „den ganzen Umkreis des stillen Ozeans und des arktischen Meeres, ferner das Gebiet eines zentralasiatischen Mittelmeeres, als dessen westlicher Ausläufer sich das mediterrane Becken darstellt. Letzterem entstammen auch die Triasablagerungen der Alpen, und zwar namentlich der Ostalpen. Diese alpine Trias ist der am genauesten bekannte Repräsentant der pelagischen Ablagerungen dieser Periode. Von ihr geht deshalb unsere Kenntnis der pelagischen Trias aus“ (Credner).

Die Fauna der alpinen Trias weist zwar manche mit der deutschen Trias gemeinsame Arten auf, doch ist dieselbe im allgemeinen viel reichhaltiger als die Flora und Fauna der letzteren. So sind z. B. die Korallen, welche der deutschen Trias ganz fehlen, in dem alpinen Triasmeere zu großer Entwickelung gelangt. Dann kennen wir des weiteren eine reiche Brachiopodenfauna, zum Teil Gattungen, die in der deutschen Trias auch vertreten sind, wie z. B. die Genera Terebratula, Spirifer, Retzia, eine nicht minder große Anzahl von Cephalopoden, als Ceratites, Trachyceras, Pinacoceras, Ptychites etc., zum Teil Formen, die wir in den außeralpinen Ablagerungen erst in höheren Schichten, z. B. im unteren Jura, wiederfinden (Phylloceratiden als Beispiel), während zusammen mit diesen und in denselben Sedimenten wiederum Arten vorkommen, die in der außeralpinen Trias nicht mehr existieren und mit dem Ausgang der paläozoischen Zeit verschwunden sind, wie z. B. die Gattung Orthoceras. Die übrigen Mollusken sind im alpinen Triasmeere ebenfalls vertreten gewesen, aber zum Teil wieder mit anderen Arten als in der außeralpinen Trias, Halobia (Fig. 104), Daonella, Avicula (Fig. 105), Cassianella, Cardita, Myophoria, Monotis, Chemnitzia, Turbo, Natica etc. Auch die Echinodermen werden durch eine stattliche Reihe von Arten repräsentiert, darunter zahlreiche Cidariten. Die Krustaceen spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Wirbeltiere kommen ebenfalls vor,

ganz besonders Fische, darunter die Gattung Pholidophorus etc.

Die Flora der alpinen Trias weicht nur verhältnismäßig wenig von derjenigen der deutschen Trias ab. Wir finden darin Equisetum, Pterophyllum etc. Zu großer Blüte gelangten gewisse Kalkalgen, als Diplopora und Gyroporella, welche einen wesentlichen Anteil am Aufbau der triassischen Sedimente der Alpen genommen haben.

Gliederung der alpinen Trias.

Die alpine Trias beginnt zu unterst mit einer Schichtenreihe von buntgefärbten Sandsteinen und Mergelkalken, der

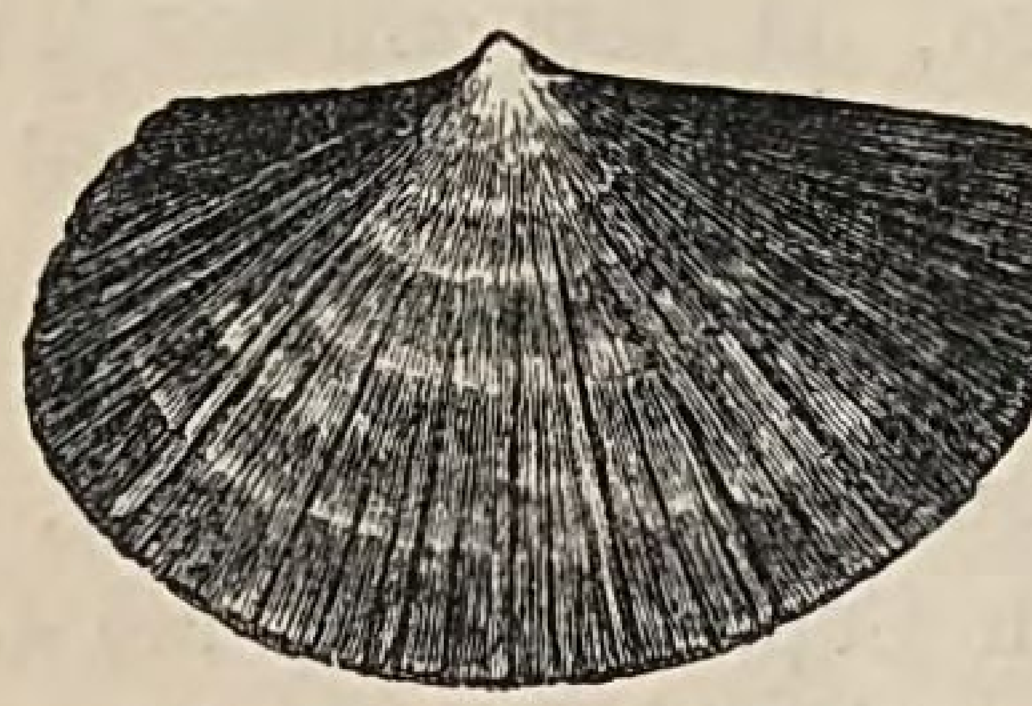


Fig. 104. Avicula Clarai *Emm.* sp.

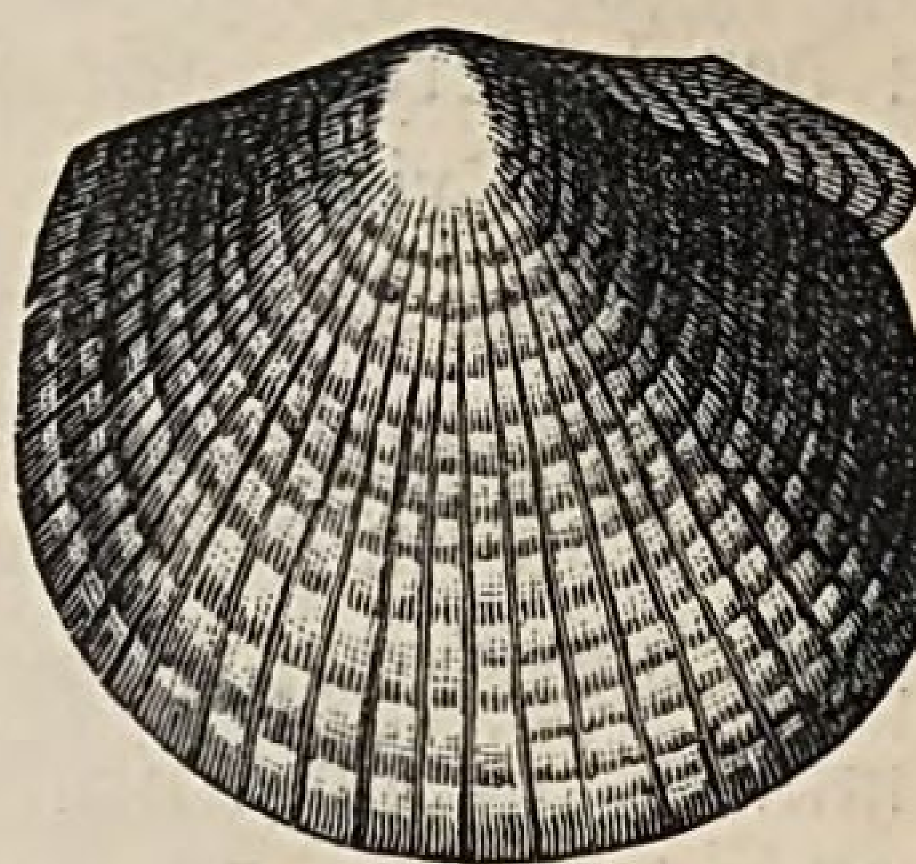


Fig. 105. Halobia (Daonella) Lommeli *Wissm.*

unteren kalkarmen Gruppe, die dem Buntsandstein entspricht. In den Nordalpen gehören hierher die Werfener Schiefer mit Avicula Clarai (Fig. 105), in den Südalpen die Campiler und Seißer Schichten. Darauf folgt ein kalkiger Schichtenkomplex, die **untere Kalkgruppe**, von der die Guttensteiner und die Reichenhaller Kalke der Nordalpen und die Recoaro- und Buchensteiner Kalke im Süden des Gebirgszugs zum Muschelkalk zu rechnen sind. Eine zur Zeit vielumstrittene Stellung nehmen dagegen die Wetterstein- und Partnachschichten und der Reiflinger Kalk in den Nordalpen, die St. Cassianer und Wengener Schichten, die Kalke von Esino und von der Marmolata, sowie der Schlerndolomit

(Dolomitberge Südtirols) u. s. f. in den Südalpen ein, die nach Bittner Sedimente vom Alter des deutschen Muschelkalkes sind (seine ladinische Stufe), während Benecke dieselben in die Lettenkohlengruppe stellt.

Die mittlere kalkarme Gruppe umfaßt in den Nordalpen in erster Linie den Lunzer Sandstein mit Kohlenflözen und einer Keuperflora, als Equisetum arenaceum, Pterophyllum Jaegeri etc. in den niederösterreichischen Alpen, und die Carditaschichten der bairischen Alpen. In den Südalpen ist diese Gruppe vornehmlich ausgezeichnet durch die kalkig-mergeligen Sedimente der Raibler Schichten mit Myophoria Kefersteini, Fischresten u. s. f. Während die einen (Bittner) den Lunzer Sandstein und die Raibler Schichten als Aequivalente der Lettenkohle auffassen, wären nach Benecke und anderen diese Gebilde gleichalterig mit dem Gipskeuper. Die Carditaschichten werden von beiden Parteien diesem letzteren hinzugezählt.

Die obere kalkige Gruppe ist durch die weitverbreiteten kalkigen Ablagerungen des (unteren) Dachsteinkalkes und des Hauptdolomites ausgezeichnet (zum Teil Korallenriffkalke), Gebilde, in die sowohl in den Nord-, als auch in den Südalpen, besonders aber im Salzkammergut Kalksteine von gelbrötlicher und grauer Färbung mit reicher Cephalopodenfauna (Hallstädter Kalke) eingelagert sind. Diese obere kalkige Gruppe entspricht dem mittleren Keuper der germanischen Trias.

Eine obere kalkarme Gruppe schließt die Ablagerungen der alpinen Trias ab. Dieselbe ist ein Aequivalent des Rhätkeupers der germanischen Trias, aber viel mächtiger entwickelt als dieser letztere. Das eine Hauptgebilde derselben ist ein Komplex von mergeligen und kalkigthonigen Schichten, welche man als Kössener Schichten bezeichnet, mit reicher Fauna an gewissen Korallen (Lithodendren), Brachiopoden (Spiriferina Jungbrunnensis, Terebratula gregaria etc.) und Bivalven (Avricula contorta, Fig. 100), Gervillia praecursor etc. Das andere mächtige Glied des

alpinen Rhäts bildet eine aus hellen Kalken bestehende, durch großartige Karrenfelderbildung charakterisierte Ablagerung, der obere Dachsteinkalk mit Korallen, Megalodon triqueter etc. (Watzmann, Reiteralpe, Dachstein in den Nordalpen, Fanisgebirge &c. in den Südalpen).

Mineralreichtum der alpinen Trias.

Die alpine Trias ist reich an nutzbaren Mineralien, nämlich an Salz (Salzkammergut), an Zinnober und Quecksilber (Idria in Krain), an Blei- und Zinkerzen (Raibl und Bleiberg), endlich an Eisenerzlagerstätten (Werfen, Bergamasker Alpen).

Eruptivgesteine der alpinen Trias.

An Eruptivgesteinen ist die alpine Trias nicht so arm wie die außeralpine. Hierher gehören die Eruptivgebiete des Fleimser- und des Fassathales in Südtirol, nämlich die Granite, Syenite, Porphyre, Augitporphyre, Gabbros &c. von Predazzo und des Monzonigebirges, überhaupt die in den Südtiroler Dolomiten häufig vorkommenden und dieselben durchsetzenden Eruptivgesteine zum größten Teil.

Die Juraformation oder das jurassische System.

Auf die Trias folgt die Juraformation, so genannt, weil dieselbe zuerst im Juragebirge als etwas Besonderes erkannt worden ist. Die Ablagerungen des jurassischen Systems sind mit nur wenigen Ausnahmen marine Sedimente.

Der petrographische Charakter des jurassischen Systems ist ein ziemlich einförmiger. Derselbe besteht aus lichten und dunkeln Kalksteinen, aus Mergeln, Mergelschiefern, Thonen, Dolomiten und in untergeordneter Weise auch aus Sandsteinen. Die Kalke der Juraformation sind von wechselnder Beschaffenheit. So kennt man sehr feinkörnige plattenförmig abgesonderte Kalksteine (Solnhofener Lithographiersteine), und daneben wieder Oolithe, Gesteine, die aus kleinen, runden

Körnern bestehen, die im Innern konzentrisch schalig oder radial strahlig sind; dann findet man wieder rein zoogene Kalksteine, wie z. B. die Korallenkalke, und so fort.

Paläontologischer Charakter der Juraformation. Die Flora der Jurazeit war eine sehr reichhaltige. Die Cycadeen stehen in der höchsten Blüte (Zamites, Podozamites), und große Nadelholzwaldungen bedeckten wohl die Länder der Jurazeit (Gingko, Araucaria). Das umstehende Bild (Fig. 106) zeigt uns eine ideale Landschaft aus der Juraperiode. Auf der linken Seite sehen wir Cycadeen, im Vordergrunde links liegt ein Gerippe des Ichthyosaurus, ganz vorn unten flattern Libellen (Aeschna) und in den Lüften fliegt der Pterodactylus, während ganz im Hintergrunde der Plesiosaurus im Meere schwimmt.

Die Fauna der Juraformation. Foraminiferen finden sich in großer Menge, desgleichen Seeschwämme (Lithistiden und Hexaktinelliden, Fig. 107). Die Korallen, zum Teil schon nahe verwandt mit den heute lebenden Gattungen und Arten, haben eine große riffbauende Thätigkeit im Jurameere entfaltet. Es sind hauptsächlich die Geschlechter Thamnastraea, Thecosmilia, Latimaeandra und noch andere mehr. Die Echinodermen sind vertreten durch die Krinoideen, die Seesterne und die Seeigel, so die Gattungen Pentacrinus (Fig. 108), Apiocrinus und Eugeniacrinus, sowie die Genera Cidaris (Fig. 109), Echinus, Holectypus, Pygaster, Pseudodiadema und Echinobrissus u. s. f. Von den Brachiopoden setzen uns hauptsächlich die Genera Rhynchonella, Terebratula (Fig. 110), Waldheimia und Spiriferina durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Spezies in Erstaunen. Die Würmer sind durch die Gattung Serpula vertreten. Ganz enorm ist aber die Entwickelung der Zweischaler, der Gastropoden und der Cephalopoden. Hier sind als wichtigste Gattungen von ersteren zu nennen Ostraea (Fig. 112), Gryphaea (Fig. 113), Pecten, Posidonomya, Diceras, Nucula, Trigonia (Fig. 111), Pholadomya, von den Gastropoden Nerinea (Fig. 115), Pterocera (Fig. 114),



Fig. 106. Ideale Landschaft aus der Jurazeit.



Der Urvogel (Archaeopt

Nach dem Original im Museu



chaeopteryx Siemensii Dames).

m Museum für Naturkunde zu Berlin.

Pleurotomaria, von den Cephalopoden die Ammonitiden (Fig. 116, 117, 118) mit der großen Menge ihrer Unterabteilungen und das Geschlecht der Belemniten (Fig. 119). Auch Vertreter der Nautiliden finden sich. Die Arthropoden kommen in den verschiedensten Ablagerungen der Juraformation vor; Insekten und Krebse sind ganz vorzüglich in den lithographischen Schiefern von Solnhofen enthalten (Aeschna, Aeger, Eryon, Fig. 120). Eine große Menge von Fischen belebten das Jurameer, worunter die Gattungen Dapedius, Pholidotus, Caturus, Lepidotus (Fig. 121) und Leptolepis ganz besonders nennenswert sind. Von den Reptilien erwähnen wir die Genera Ichthyosaurus (Fig. 122) und Plesiosaurus (Fig. 123) und den zur Unterabteilung der Dinosaurier gehörigen Campsognathus, von den Flugsauriern den Pterodactylus, und von den Vögeln schließlich den Urvogel, Archaeopteryx, der ebenfalls, wie auch die meisten Pterodactylus- und Campsognathus-Exemplare, aus den lithographischen Schiefern Solnhofens stammt. Die Säugetiere, deren erste Spuren wir in der rhätischen Stufe der Trias kennen gelernt haben, sind vertreten durch fleisch-, insekten- undp flanzenfressende Beuteltiere) Amphitherium, Phaseolotherium).

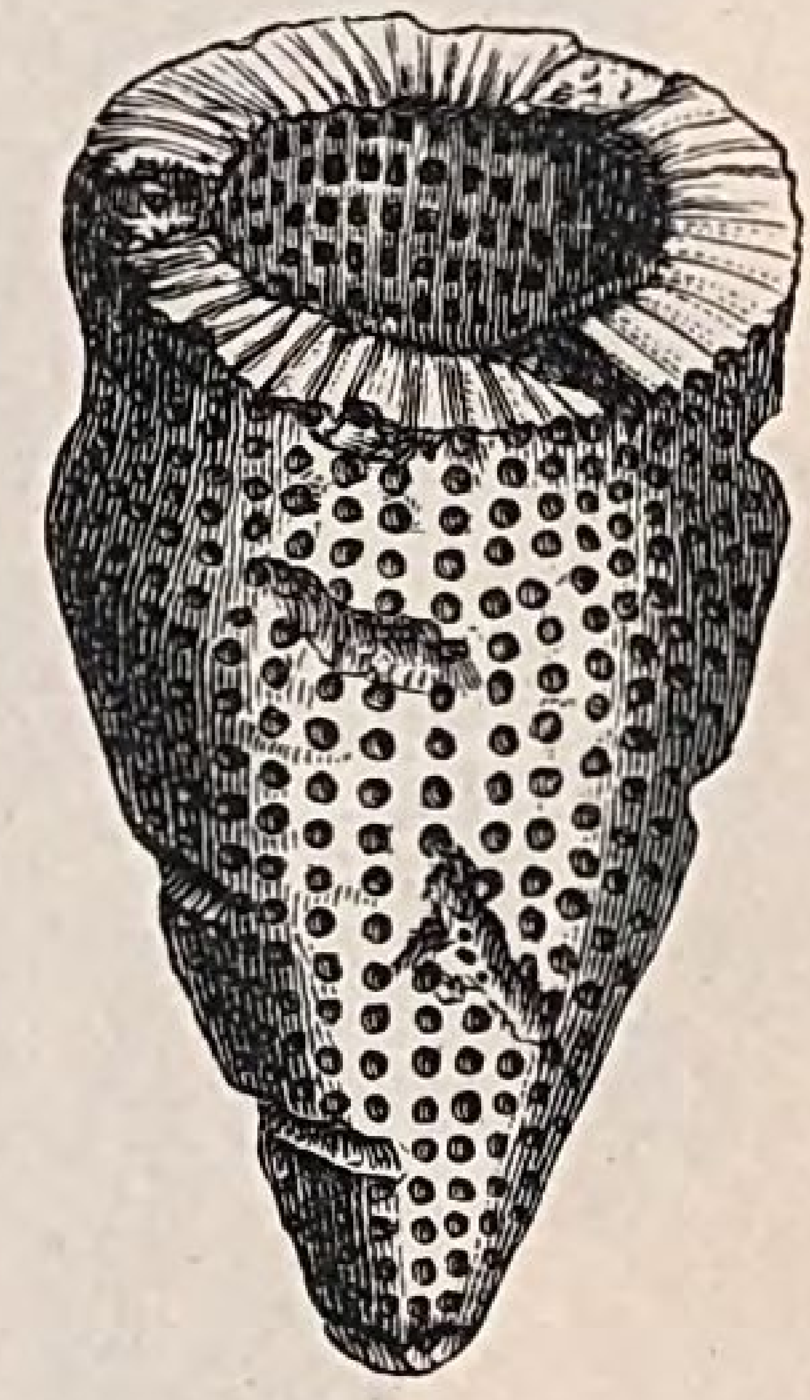
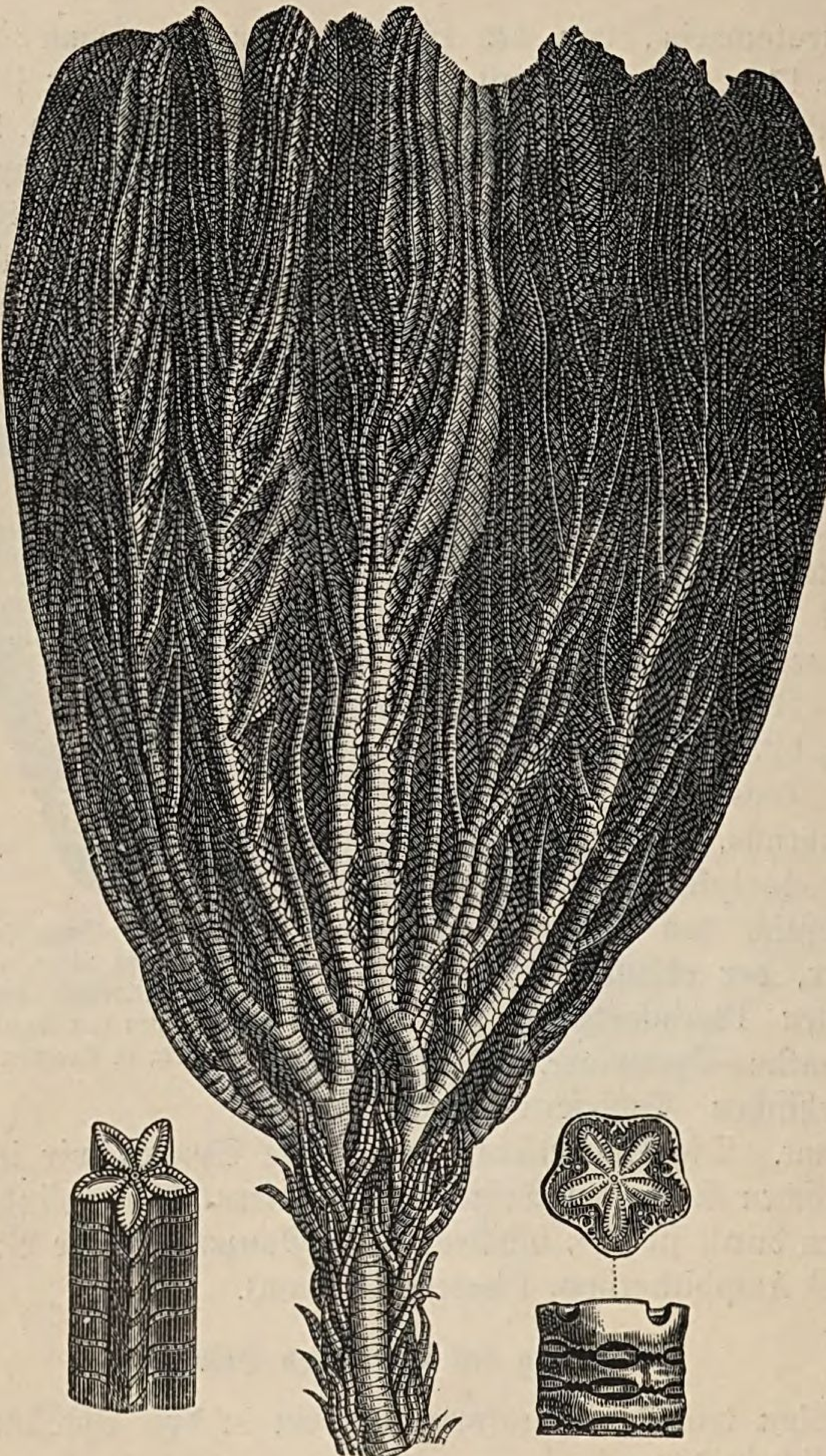


Fig. 107. Craticularia paradoxa *Mstr.* sp., eine Hexaktinellide aus dem weißen Jura von Engelhardsberg in Franken.

Gliederung des jurassischen Systems.

Man teilt die Juraformation ein in drei Abteilungen, nämlich in den

1. Lias oder den schwarzen Jura, in den
2. Dogger oder der braunen Jura und in den
3. Malm oder den weißen Jura.



a b

Fig. 108. Pentacrinus briaroides *Quenstedt*, aus dem oberen Lias von Boll in Württemberg.
Stielglieder von P. basaltiformis *Miller*, aus dem mittleren Lias —
a b Stielglieder von P. subangularis *Miller*, aus dem oberen Lias.

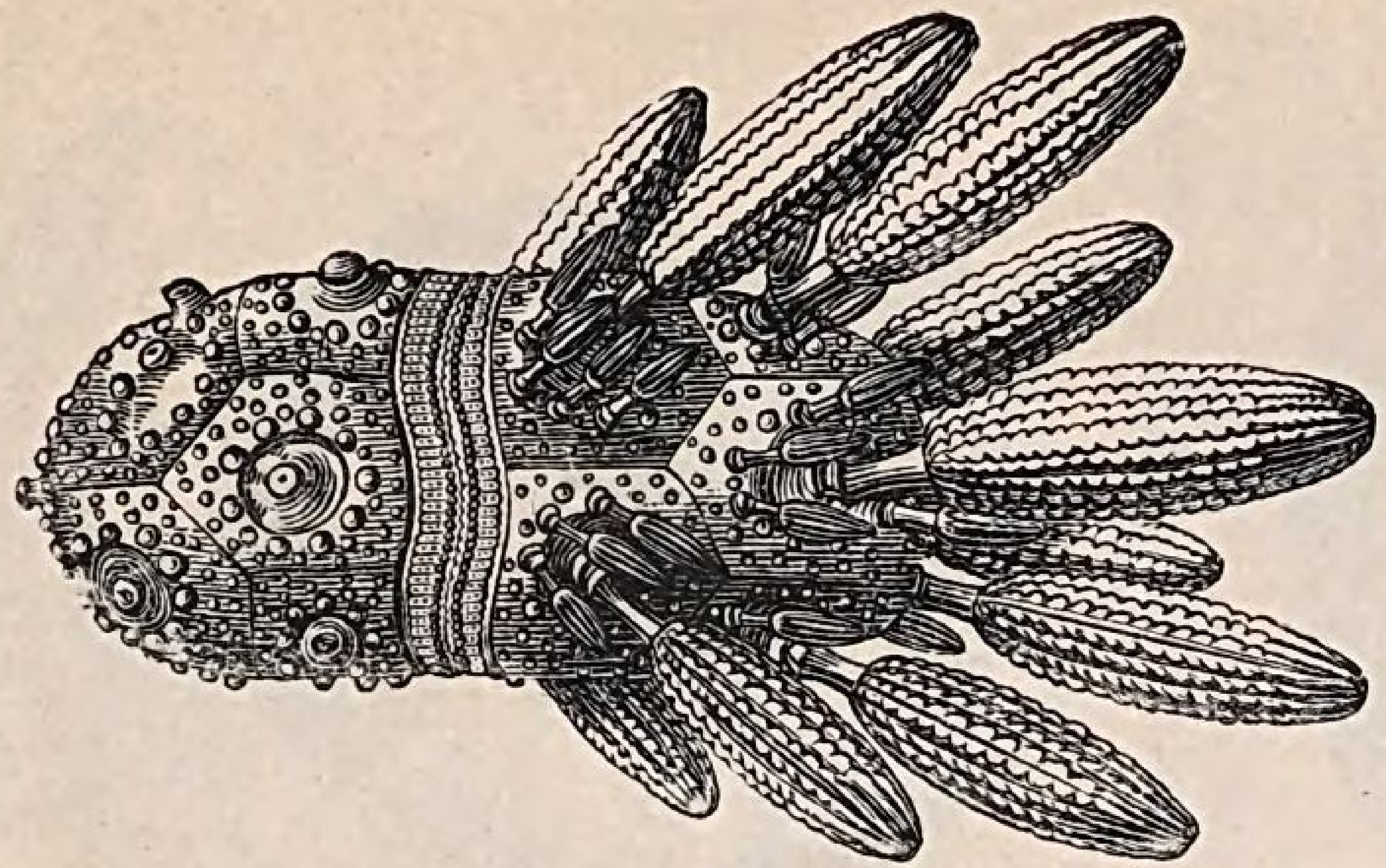


Fig. 109 a. Cidaris coronata *Goldf.*, a. d. weißen Jura. Teilweise mit Stacheln besetzt, von der Seite (restauriert).

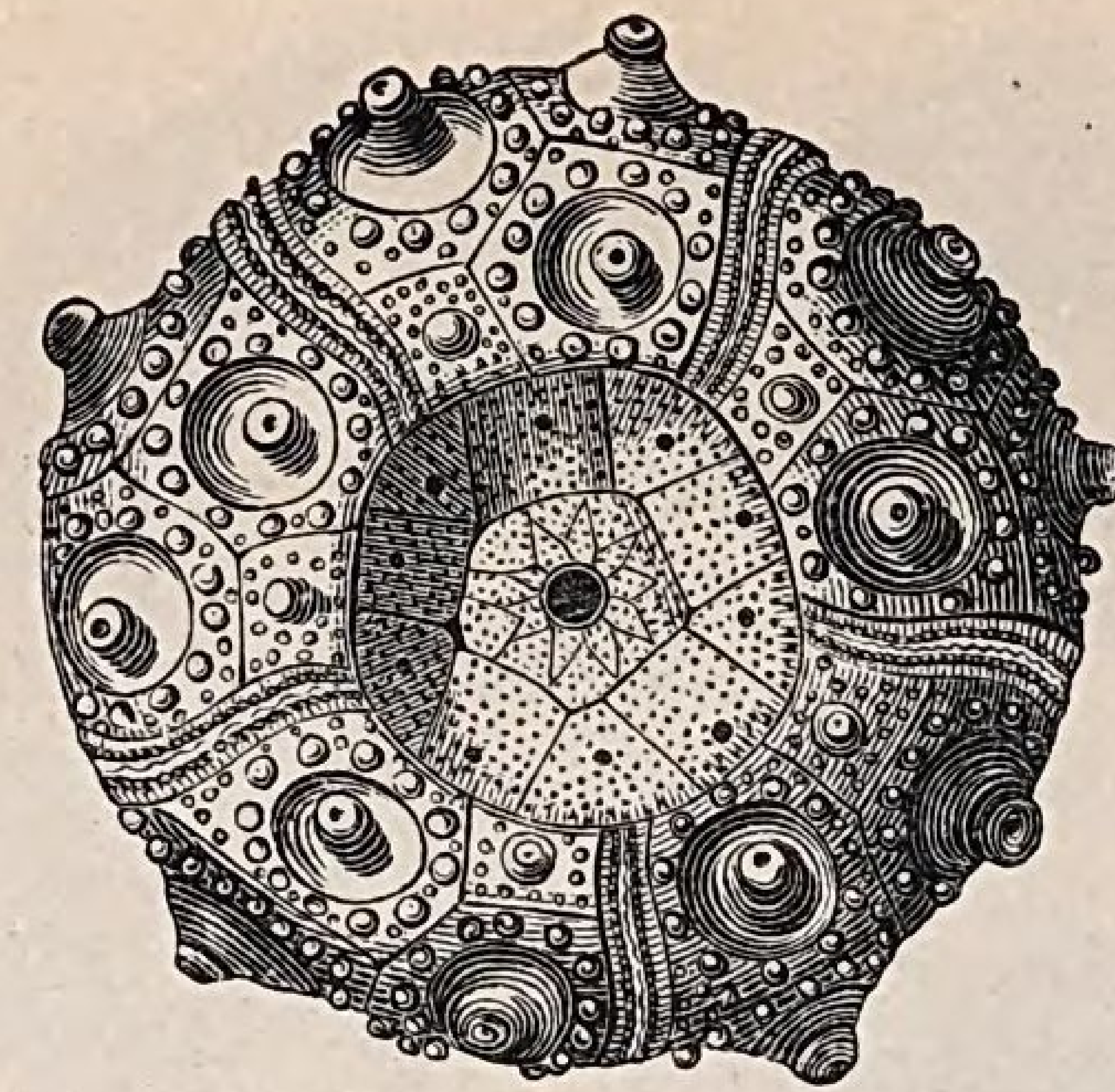


Fig. 109 b. Cidaris coronata *Goldf.*, v. oben.

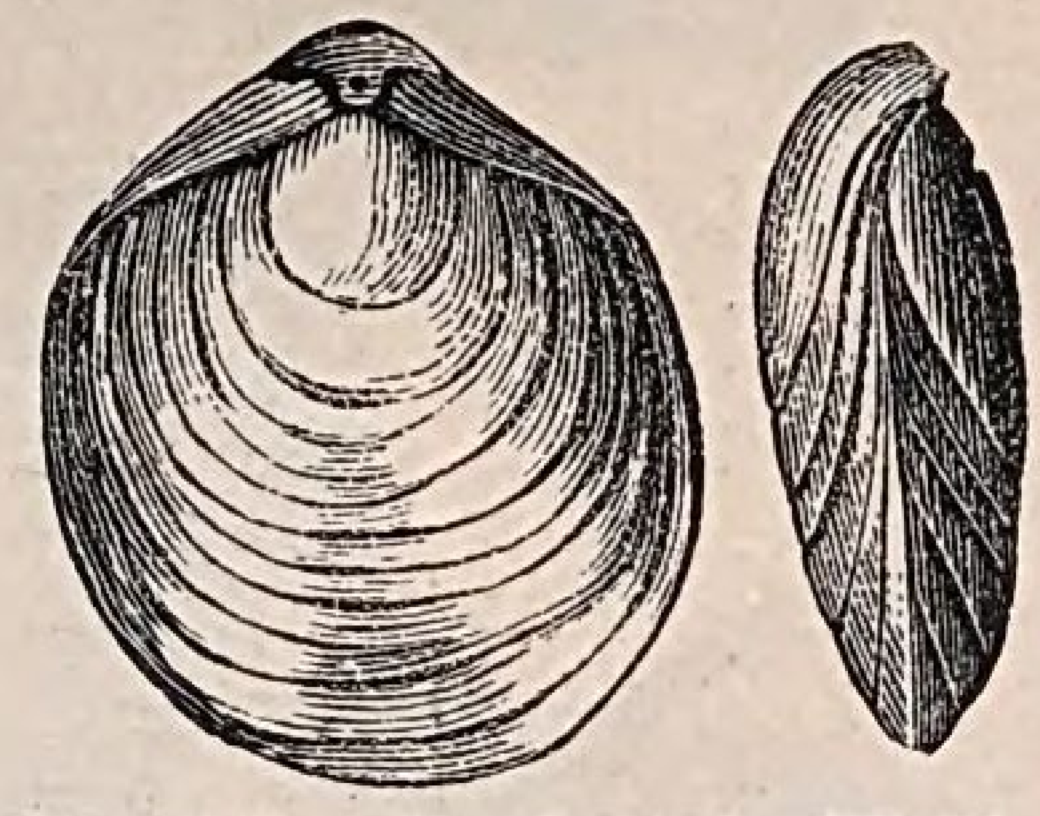


Fig. 110. Terebratula (Waldheimia) numismalis *Lam.*



Fig. 111. Trigonia navis *Lam.*



Fig. 112. Ostrea Marshi *Sow.* (Ostrea cristagalli *Schloth).*

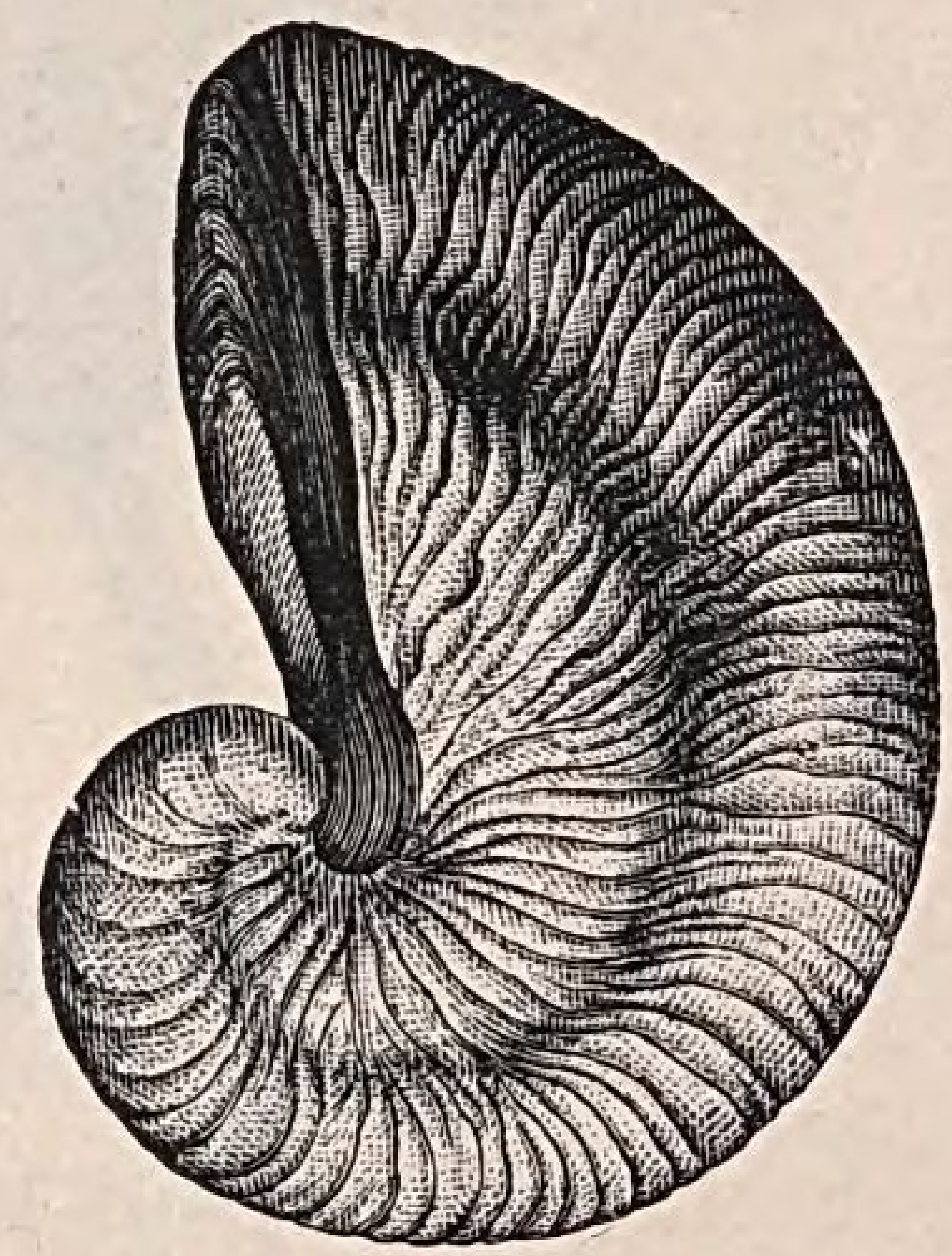


Fig. 113. Gryphaea arcuata *Lam.*

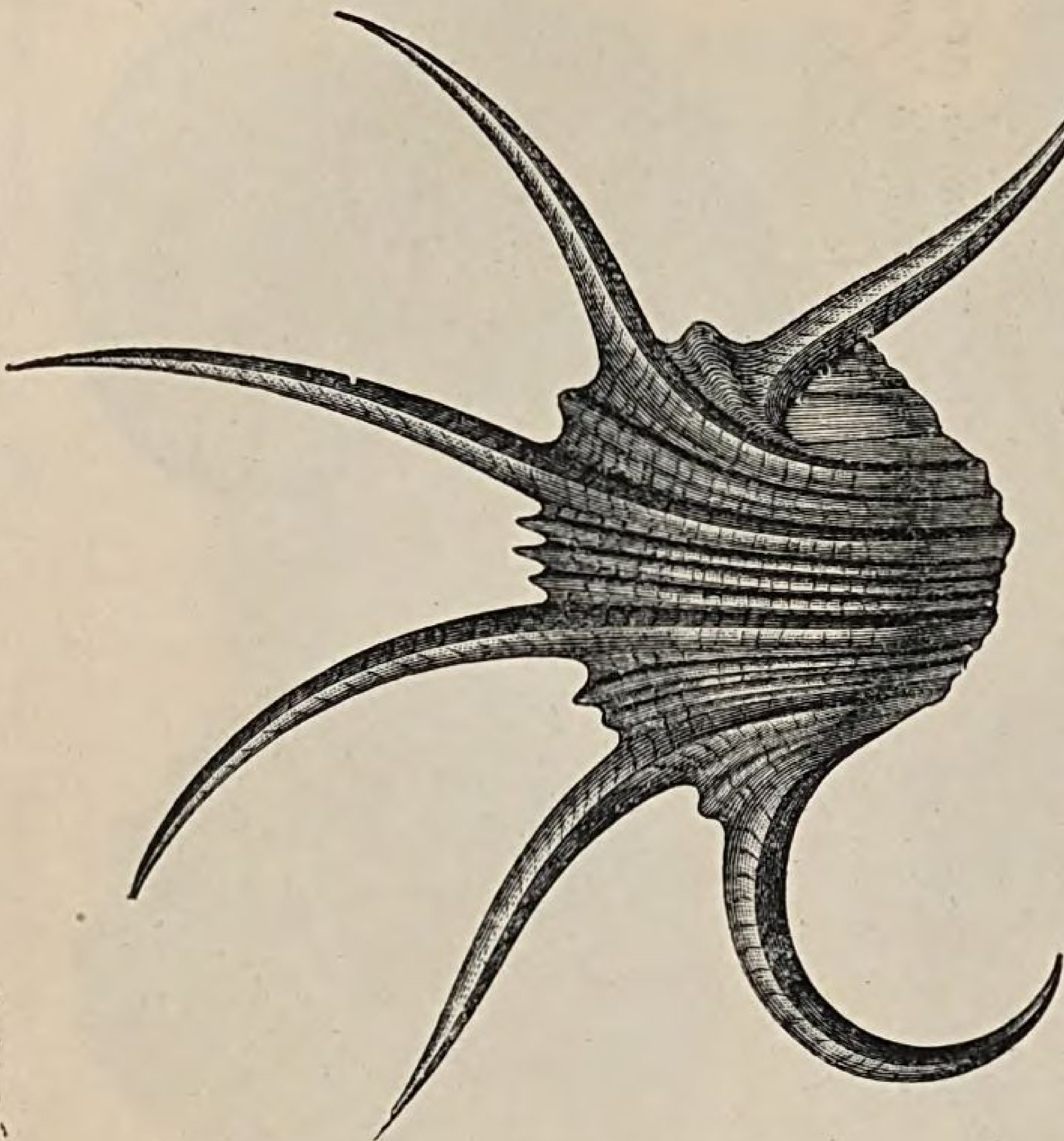


Fig. 114. Pterocera Oceani *Brongn.*

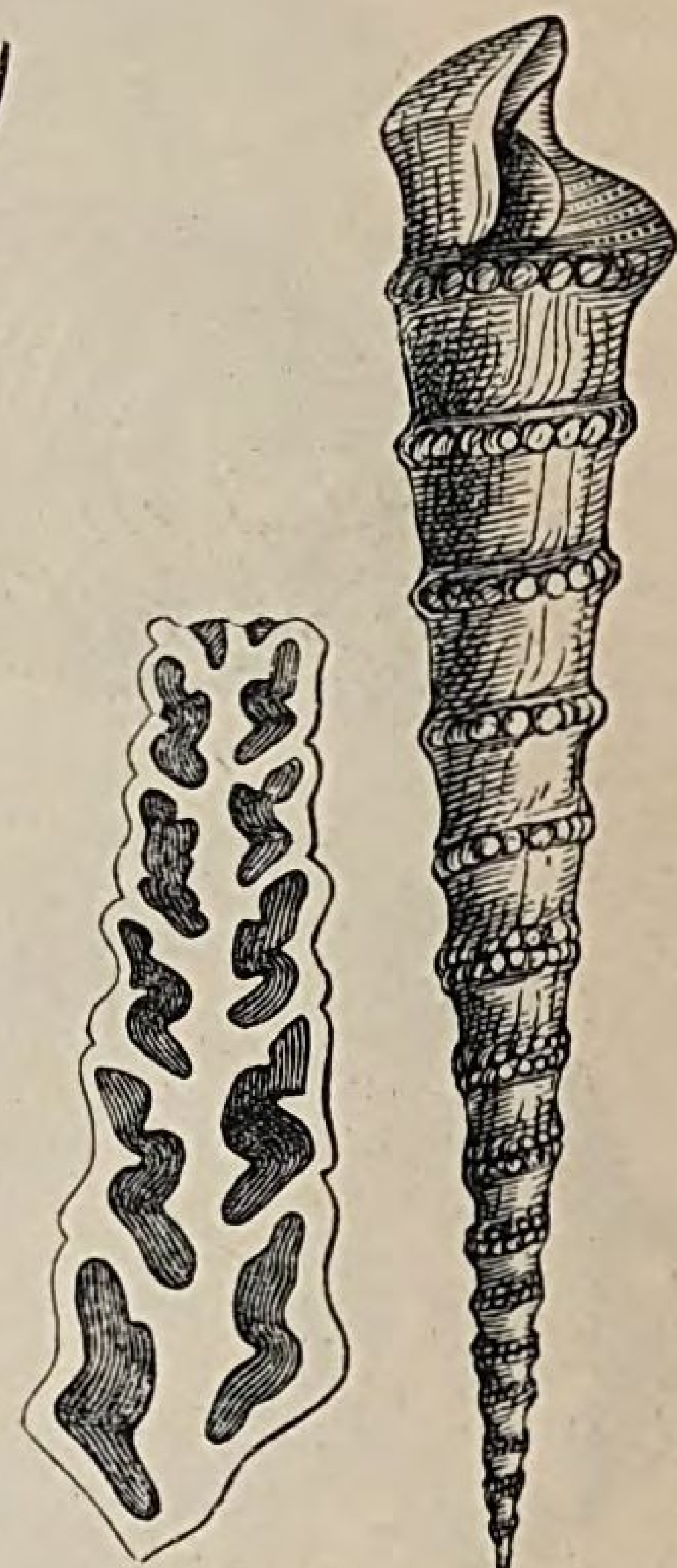


Fig. 115. Nerinea tuberculos *Röm.*



Fig. 116. Ammonites (Arietites) spiratissimus *Quenst.*

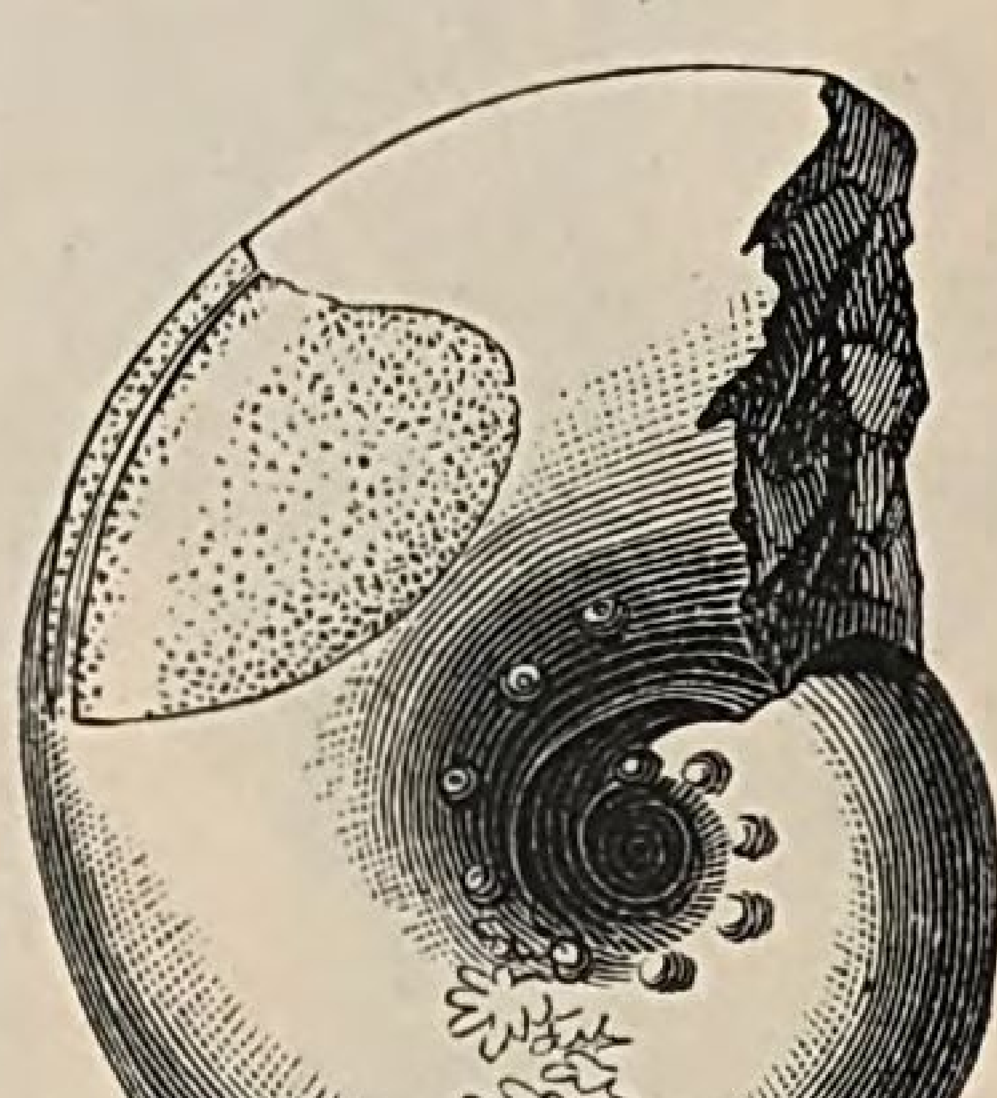


Fig. 117. Ammonites (Aspidoceras) circumspinosus *Oppel.*

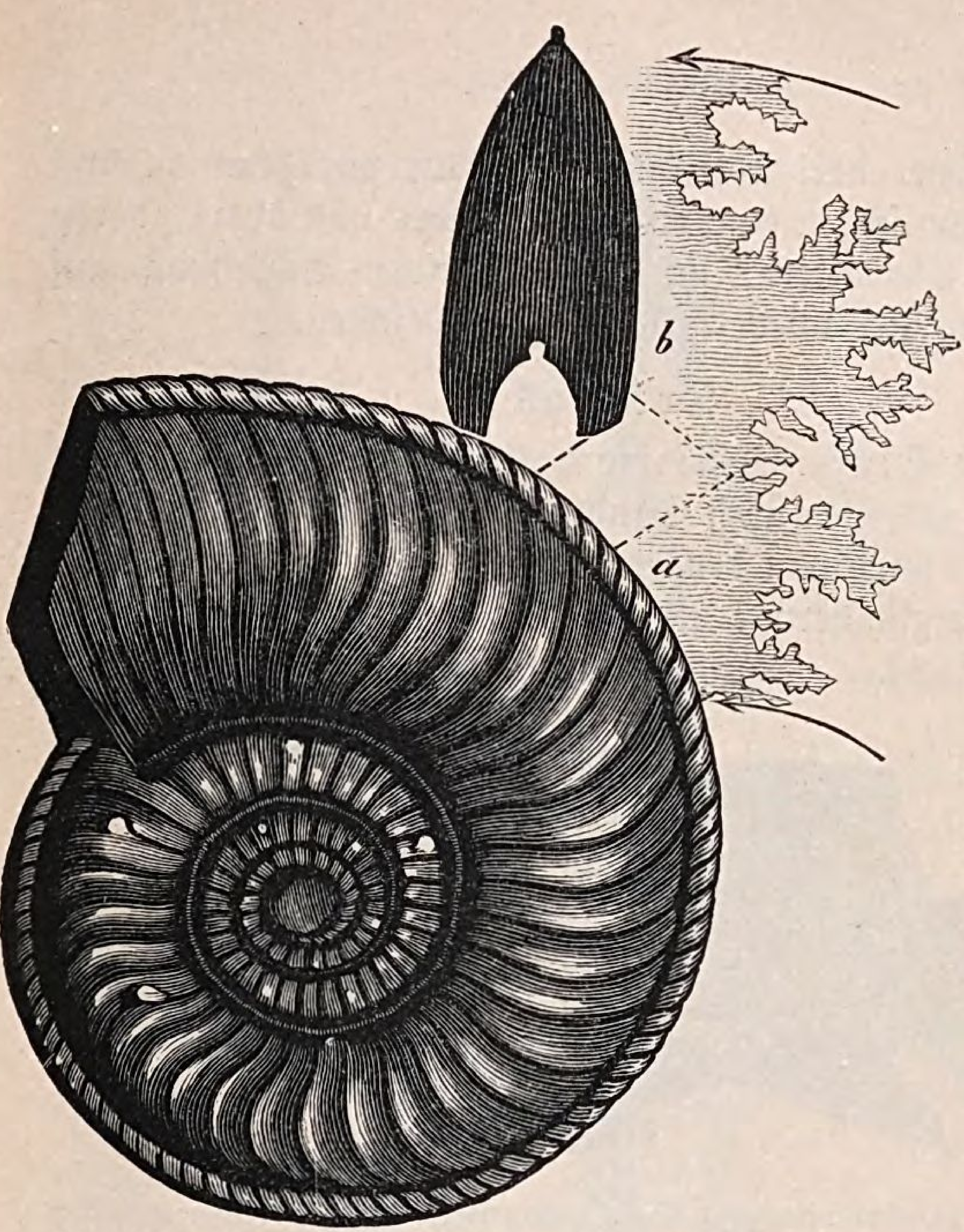


Fig. 118. Ammonites (Amaltheus) margaritatus *Brug.*
a von der Seite — b Durchschnitt — c Lobenlinie.

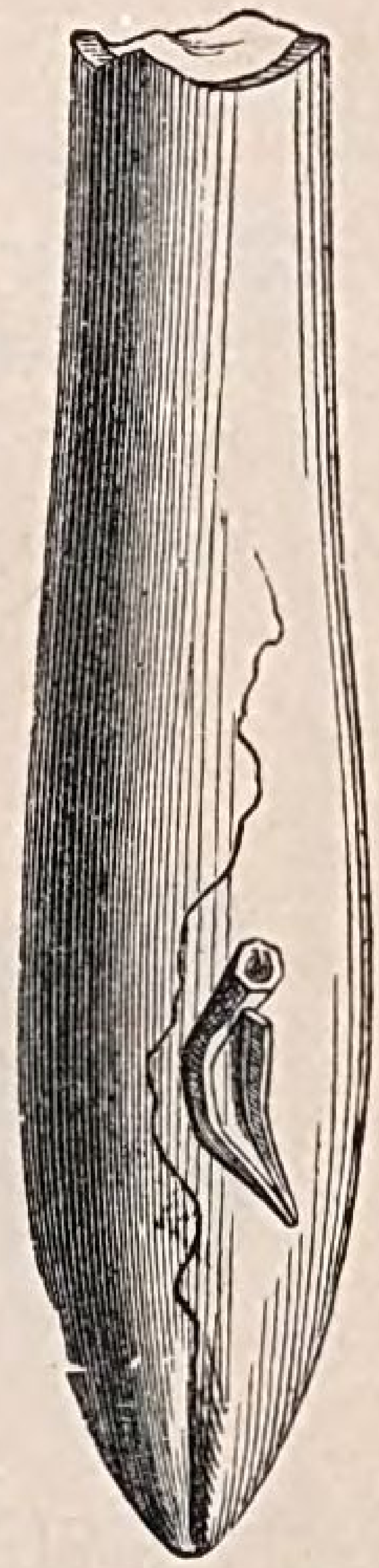


Fig. 119. Belemnites paxillosus *Schloth.*

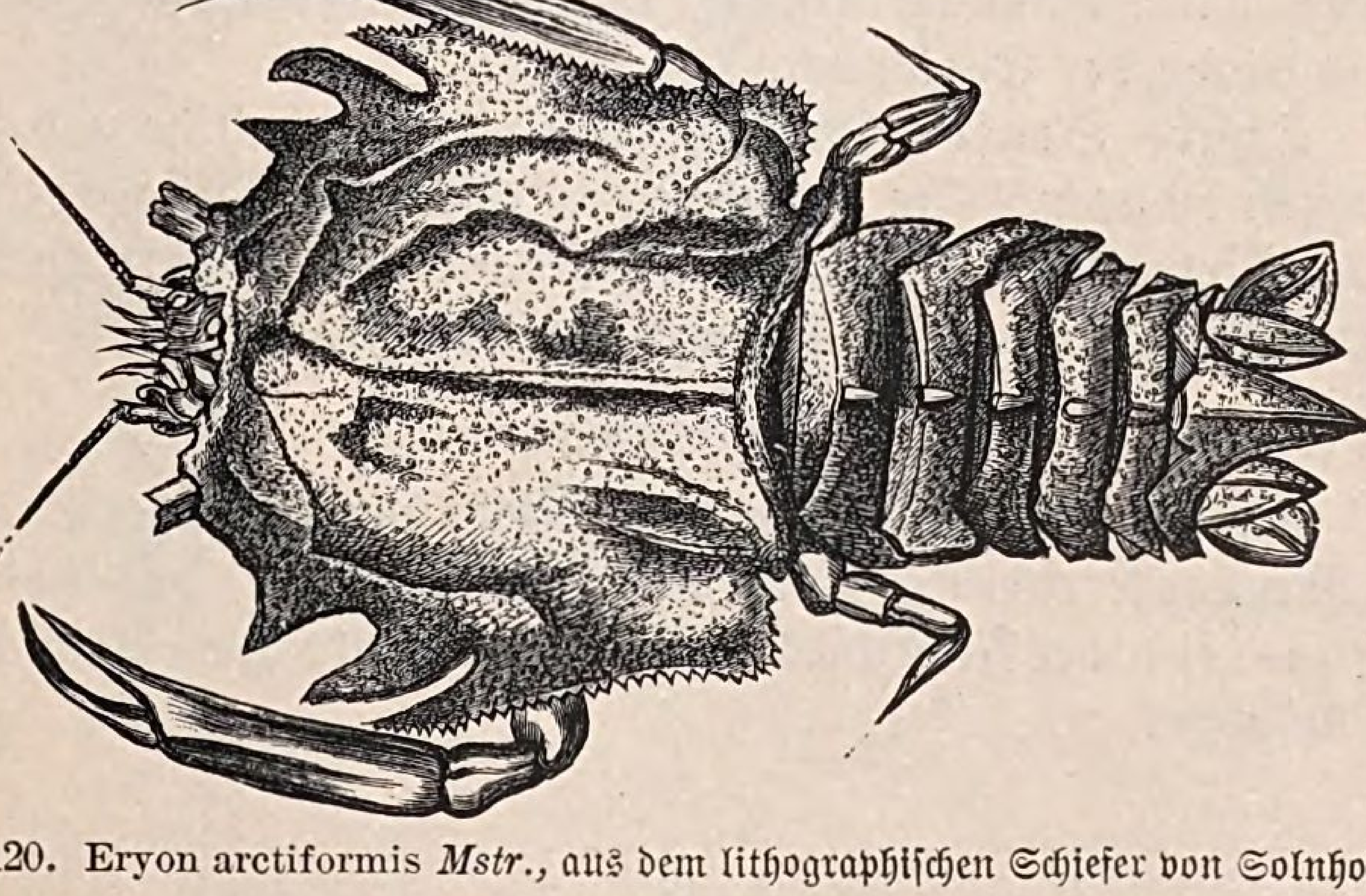


Fig. 120. Eryon arctiformis *Mstr.*, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen.

Jede dieser drei Abteilungen zerfällt wiederum in drei Stufen, nämlich in eine untere, mittlere und obere, deren wichtigste Charaktere, mit vorwiegender Beziehung auf Deutschland, hier wiedergegeben werden sollen.

Der Lias.

Untere Stufe: Schwarze Kalke, fette Thone, oolithische Eisenerze, zuweilen auch Sandsteine (Luxemburg, Franken). Diese Stufe wird von den Franzosen Sinémurien genannt, von den Engländern Lower lias clay and limestone (White lias).

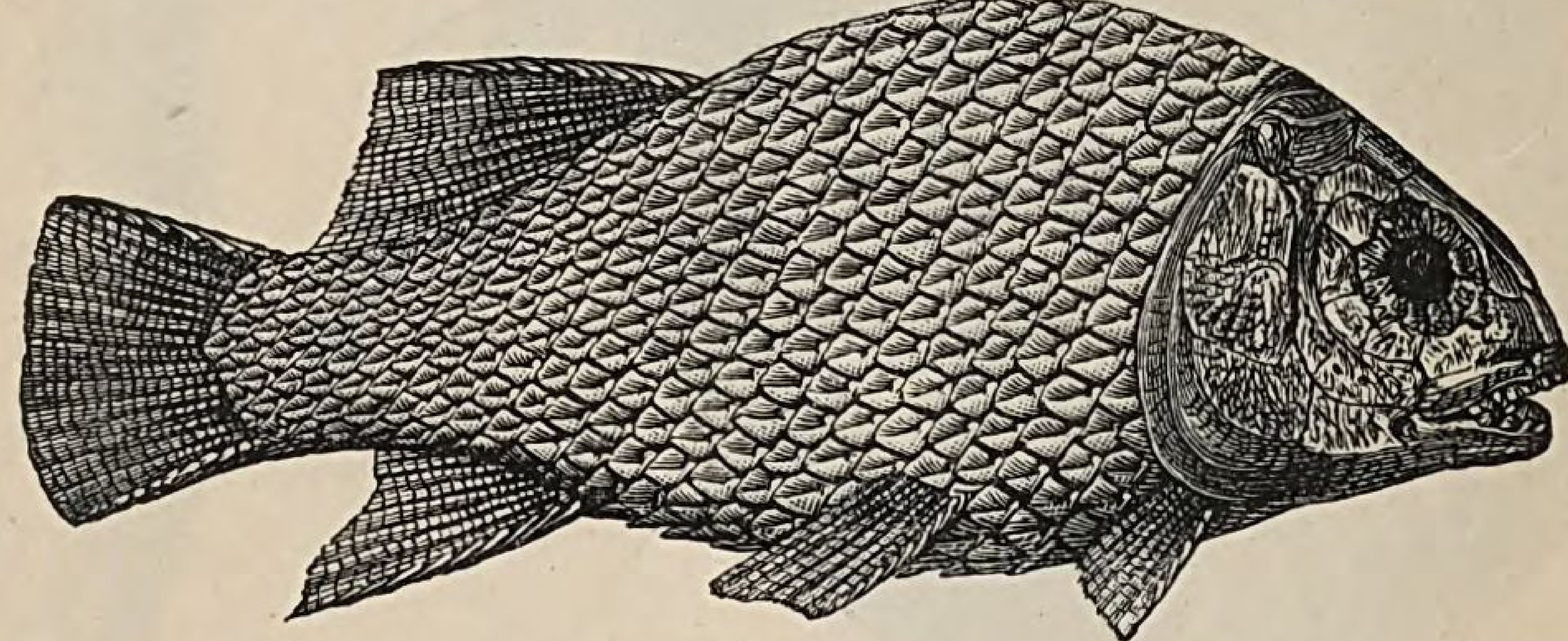


Fig. 121. Lepidotus maximus *Mstr.* (restauriert), aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen.

Mittlere Stufe: Graue Kalkmergel und Kalke, Oolithe, Eisensteine, bläuliche Thone. Liasien der Franzosen, Marly sandstone der Engländer.

Obere Stufe: Dünnschiefrige, bitumenhaltige und zuweilen öldurchtränkte Schieferthone und dünnplattige Stink- und Mergelkalke. Upper lias clay and limestone der Engländer, Toarcien (zum Teil) der Franzosen.

Der Dogger.

Untere Stufe: Thone und (öfters eisenschüssige) Sandsteine vorherrschend. Zum Teil Eisensteinflöze, das obere Toarcien der Franzosen, der Inferior oolite (zum Teil) der Engländer.

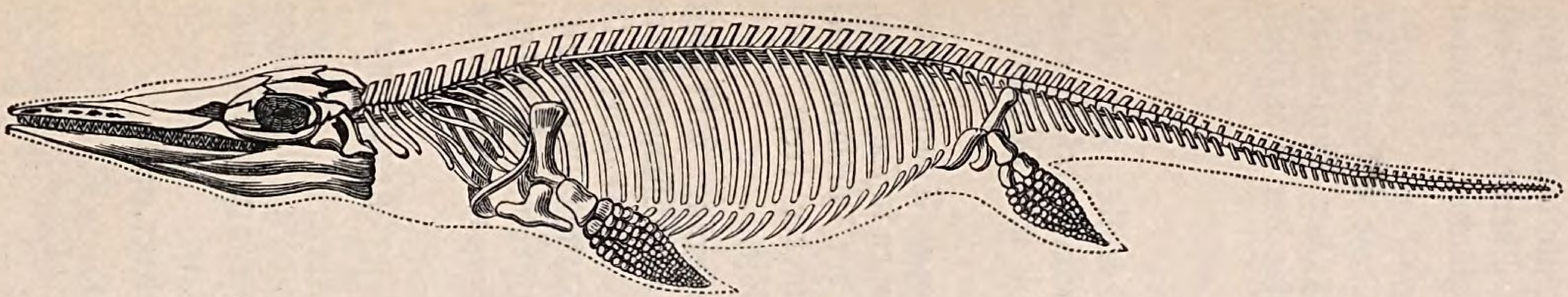


Fig. 122. Skelett vom Ichthyosaurus aus dem Lias.

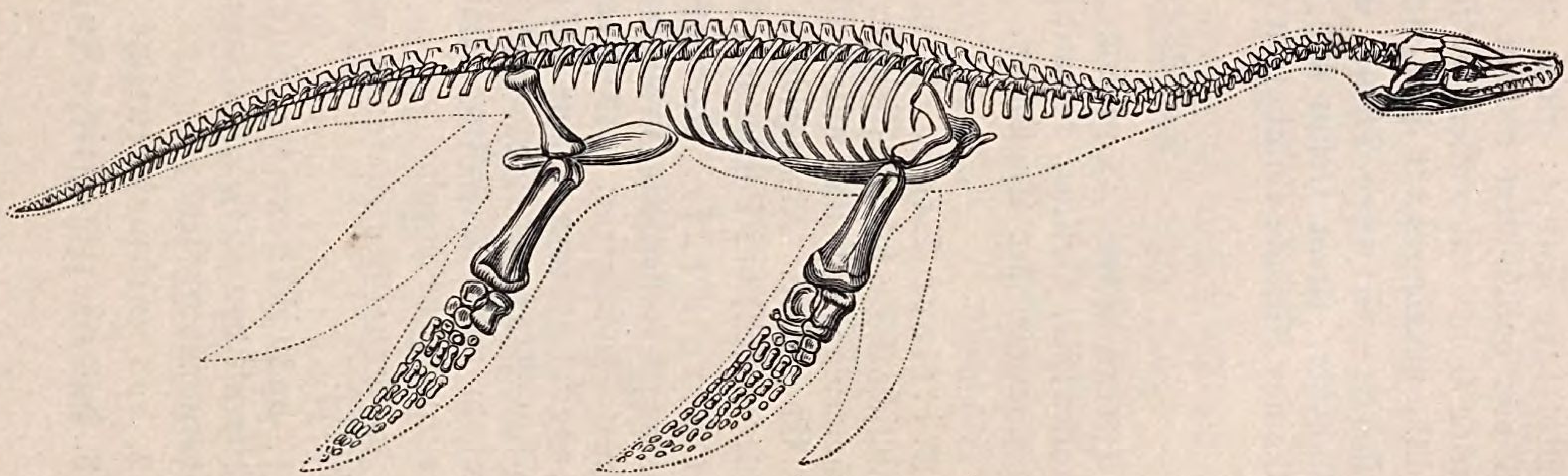


Fig. 123. Skelett vom Plesiosaurus aus dem mittleren Lias von England.

Mittlere Stufe: Reich an Kalksteinbildungen, zum Teil von oolithischem Aufbau, Thone. Oberer Teil des Inferior Oolite und Fullers earth der Engländer, Bajocien (Oolithe inférieure) der Franzosen.

Obere Stufe: Thone, Eisenkalke und Eisenoolithe, Kalkschiefer. Great Oolite und Kelloway der Engländer, Bathonien (Grande Oolithe), und Callovien der Franzosen.

Der Malm.

Untere Stufe, Oxford. Thone, Kalke, zum Teil Korallenriffe, Oolithe, dolomitische Gesteine. Oxford clay und Coralrag der Engländer, Oxfordien und Séquanien der Franzosen.

Mittlere Stufe, Kimmeridge. Thonige und oolithische Kalke, lokal Kalkschiefer (Nusplingen in Schwaben). Kimmeridge clay und untere Abteilung der Portland beds der Engländer, Kimmeridgien und unterer (resp. noch mittlerer Teil) des Portlandien der Franzosen.

Obere Stufe, als marine Ablagerung Tithon genannt; Korallenkalke (Kehlheim in Bayern), Lithographierschiefer (Solnhofen); als brackisches Sediment als Purbeck bezeichnet, aus oolithischen Kalken (Eimbeckhäuser Plattenkalke), verschieden gefärbten (Münder) Mergeln und aus Kalken, erfüllt von Serpula coacervata (Serpulit) bestehend.

In Deutschland kennt man drei größere Juragebiete:

1. das süddeutsche Juragebiet, die jurassischen Sedimente von Elsaß-Lothringen, Baden, Württemberg und Bayern einbegreifend;

2. das nordwestdeutsche Juragebiet, und

3. das oberschlesische Juragebiet.

Gliederung der Juraformation in Schwaben nach Quenstedt und Th. Engel.

Lias:

α. Schichten der A. psilonotus, Malmstein mit A. angulatus, Arietenkalke mit Gryphaea arcuata (s. Fig. 113).

β. Thone mit A. Turneri.

γ. Mergel und Mergelkalk mit A. Davoei und Terebratula numismalis (s. Fig. 110).

δ. Thone und Kalke mit A. amaltheus und A. spinatus.

ε. Schiefer und Stinksteine mit Posidonomya Bronni, Saurierresten ꝛc.

ζ. Mergelkalke mit A. jurensis.

Dogger:

α. Thone mit A. torulosus, A. opalinus und Trigonia navis (s. Fig. 111).

β. Eisenoolithe mit A. Murchisonae.

γ. Blaue Kalke mit A. Sowerbyi.

δ. Thone und Kalke mit A. Humphriesianus und Belemnites giganteus.

ε. Thone und zum Teil oolithische Kalke mit A. Parkinsoni, Rhynchonella varians und zu oberst mit A. macrocephalus.

ζ. Thone mit A. ornatus und A. Lamberti.

Im Malm zeigen sich bedeutende Faciesunterschiede, nämlich einerseits durchaus normal geschichtete Bildungen, die Cephalopodenfacies Engels, und massig entwickelte Gesteine, die Produkte von Schwamm- resp. Korallenbildungen, die Scyphienfacies Engels.

Die Gliederung des Malms würde sich also folgendermaßen darstellen:

Normal geschichtete Facies.	Scyphienfacies.
α. Transversariusschichten. Thone mit Terebratula impressa.	1. Felsenhorizont der Alb, bald nur nesterartige Einlagerungen in der normal geschichteten Facies, bald förmliche Riffbildungen darstellend (Lochenschichten).
β. Wohlgeschichtete Kalkmauern mit Ammonites biplex.	
γ. Thone resp. thonige Kalkbänke mit Ammonites polygratus, Ammonites polyplocus u. s. f.	Schwammkalke des Heubergs.
δ. Dicke bläuliche Kalkbänke mit Ammonites mutabilis.	2. Felsenhorizont der Alb, am nordwestlichen Albrand (Urach, Reutlingen, Kirchheim, Geislingen) besonders entwickelt, die oberen Lagen oft dolomitisch ausgebildet. Die Schwämme meist roh verkalkt. (Höhlenbildungen.)
ε. Ursprüngliche Korallenkalke, in Marmor, Zuckerkorn und Dolomit umgewandelt. Eine eigentliche Schichtung fehlt daher.	3. Felsenhorizont der Alb, Nattheimer Schichten. Hauptentwickelung zwischen Brenz und Blau.
ζ. Zementmergel mit Terebratula pentagonalis.	Sogenannte „wilde Portländer“ mit Breccienkorallen.
Plattenkalke mit Ammonites Ulmensis und steraspis.	Oolithe von Schnaitheim mit Sphaerodus und Gyrodus.
Lithographische Schiefer von Nusplingen und Kolbheim.	

Die Abteilungen *ε* und *ζ* entsprechen dem Kimmeridge. Das Tithon fehlt in Schwaben.

Die Juraformation in den Alpen.

In den Alpen wird die Juraformation durch eine Reihe von Gebilden vertreten, die mehr oder weniger von den Ablagerungen außerhalb dieses Gebirges differieren.

Den Lias in den Alpen vertreten die Fleckenmergel des Algäus, die Adnether Schichten mit Cephalopoden, die Grestener Sandsteine und endlich in Südtirol und Venetien die sogenannten grauen Kalke, welche Ueberreste einer oolithischen Flora (Zamites, Otozamites etc.) führen. Eine eigentümliche Bildung sind die sogen. Hierlatzkalke, nach ihrem Vorkommen am Hierlatzberge im Salzkammergut so geheißen, marmorartige, Krinoideen, Zweischaler und Brachiopoden führende Kalksteine, welche keinen zusammenhängenden Schichtenkomplex bilden, sondern in der ganzen mediterranen Provinz der Juraformation (siehe unten) verbreitet sind und nur als isolierte, kaum Schichtung zeigende Kuppen dem Liegenden aufgelagert sind. Solche in der Hierlatzfacies ausgebildete Kalke sind nicht auf den mediterranen Lias beschränkt, sondern finden sich auch in den anderen Etagen der Juraformation in der mediterranen Provinz.

Der Dogger in den Alpen. In den Nordalpen gehört wohl ein Teil der Aptychenschichten genannten Gebilde hierher, dann die Vilser Brachiopodenkalke und die Klausschichten, während der Dogger im Süden der Alpenkette hauptsächlich durch die Schichten der Posidonomya alpina *Gras* vertreten wird.

Der Malm der Alpen wird zu unterst repräsentiert durch die erwähnten Aptychenschichten und die Schichten der A. acanthicus und darüber folgt die als Tithon bezeichnete Schichtengruppe, die in der Juraformation gewissermaßen dieselbe Rolle spielt, wie die rhätische Stufe in der Trias. Diese thitonische Stufe ist in der mediterranen Provinz sehr verbreitet und zerfällt in zwei Unterabteilungen, nämlich in die

1. Diphyakalke, Kalksteine mit Terebratula diphya zu unterst, und die
2. Strambergerschichten, Kalk mit A. ptychoicus und Nerineen zu oberst.

Die Juraprovinzen.

Man unterscheidet drei Provinzen oder bestimmt abgesonderte und durch eine eigene Fauna entwickelte Gebiete (wohl infolge von klimatischen Verschiedenheiten) in der Juraformation, nämlich:

1. Die boreale Juraprovinz, der die Korallenbildungen abgehen und die charakterisiert ist durch das Fehlen der Ammoniten; sie umfaßt die arktischen Gebiete der Juraformation;
2. die mitteleuropäische Provinz, wozu die allermeisten Juragebilde Europas (mit Ausnahme des alpinen Gebietes), dann diejenigen von Chile, Argentinien und Bolivia gehören, und
3. die mediterrane Juraprovinz, welche den Jura der Alpen, Karpathen, Cevennen, Italiens, der Balkanhalbinsel, der Krim, des inneren Kaukasus, Kleinasiens, Madagaskars, Vorderindiens, Mexicos und Perus in sich begreift.

Die beiden letzteren Provinzen unterscheiden sich voneinander durch das Fehlen gewisser Ammonitenfamilien in einer und deren Vorhandensein in der andern Provinz.

Verbreitung der jurassischen Sedimente. In Frankreich unterscheidet man zwei Juragebiete, ein nördliches, dessen östlicher Teil sich enge an die süddeutsche Juraformation anschließt, und ein südliches, mehr im Zentrum des Landes befindliches.

In England ist die Juraformation im Osten des Landes typisch entwickelt, in der Schweiz im Juragebirge, in Oesterreich in den Karpathen, in Mähren und Böhmen, im Alpengebirge gehören der Juraformation mächtige Ablagerungen an, wie schon erwähnt worden ist, in Spanien und Portugal,

in Italien, auf der Balkanhalbinsel kennen wir jurassische Schichtenreihen, im Norden im südlichen Schonen, auf Bornholm, in den russischen Ostseeprovinzen. Mächtig ist die Juraformation im zentralen Rußland bei Moskau entwickelt. Auch in Spitzbergen und in Grönland kommt die Juraformation vor, ebenso in Sibirien, in Indien, in Südamerika (Bolivia und Chile) und in Nordamerika.

Die Lagerungsverhältnisse der Juraformation sind vielfach gestörte; auch hier sind die Gesteinsschichten oftmals gefaltet, auf den Kopf gestellt, überkippt &c.

An nutzbaren Mineralien ist die Juraformation dagegen verhältnismäßig reich. Der Lias führt Eisensteine in Norddeutschland, oolithisches Eisenerz und Sphärosiderit, so bei Helmstedt, Harzburg, am Kahlenberg bei Echte und noch an vielen anderen Orten. Das bekannte Clevelandeisen Englands entstammt dem dortigen mittleren Lias, woselbst dasselbe sich als Eisenkarbonat findet. Steinkohle kennt man in der Liasformation verschiedener Länder, so bei Fünfkirchen in Ungarn, in Persien und China. Auch der Dogger führt in Schwaben, Lothringen und Luxemburg Eisenerze, oolithisches Eisenerz und andere mehr, welche von großem Einfluß auf die industriellen Verhältnisse dieser Länder sind. Asphalt kommt im Malm Norddeutschlands (Braunschweig und Hannover) und des Schweizer Juras vor.

Die Kreideformation oder das cretaceische System.

Die Kreideformation hat ihren Namen nach einem ihr zugehörigen Gesteine, der sogenannten Schreibkreide, erhalten, einem weißen, erdigen und abfärbenden Kalksteine, der fast nur aus für das unbewaffnete Auge unsichtbaren kleinen Schalen von winzigen Meerestieren zusammengesetzt ist.

Petrographischer Charakter der Kreide.

Außer diesem Gesteine herrschen in der Kreideformation noch eine sehr große Anzahl anderer vor, so Sandsteine,

Sandablagerungen, Kalksteine, Mergel, Thone, auch Konglomerate ꝛc.

Paläontologischer Charakter des cretaceischen Systems.

Die Flora der Kreideformation besteht in Europa zu unterst noch aus Farnen, Cycadeen und Koniferen, erst im Cenoman treten auch angiosperme Dikotyledonen auf (Credneria, Debeyia, Quercus, Ficus, Salix etc.), während dieselben auf dem nordamerikanischen Kontinente schon in den unteren Kreideablagerungen gefunden worden sind, und zwar in der sogenannten Potomacformation (Neocom und Gault).

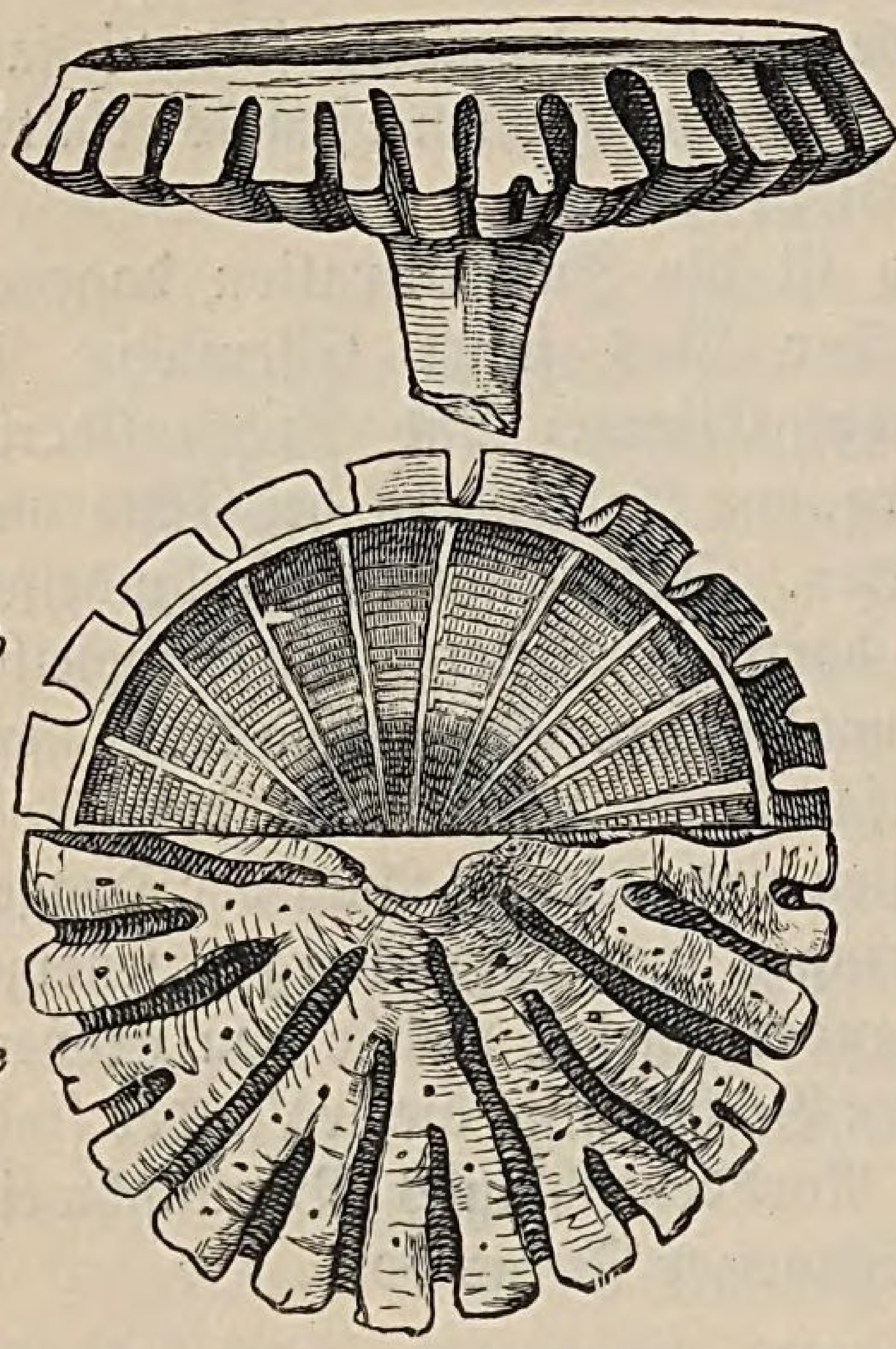


Fig. 124. Coeloptychium incisum *Römer*. a von der Seite — b von oben — c von unten. Aus dem Senon.

Die Fauna der Kreideformation. Foraminiferen (Globigerina u. a. m.) treten hier gesteinsbildend auf, Schwämme sind in großer Anzahl und durch viele Arten vertreten (Manon, Coeloptychium [Fig. 124], Coscinopora), desgleichen die Korallen, wenn auch diese seltener sind, als in der Juraformation, und auch meist nur in den oberen Abteilungen der Kreideformation und in den alpinen Gebieten riffbauend auftreten (Faxe auf Seeland). Besonders wichtig sind Cyclolites, Micrabacia, Cladocora, Calamophyllia, Caryophyllia und andere Arten mehr. Die Krinoideen sind ebenfalls nicht mehr so reichhaltig vertreten, als in der Jura=

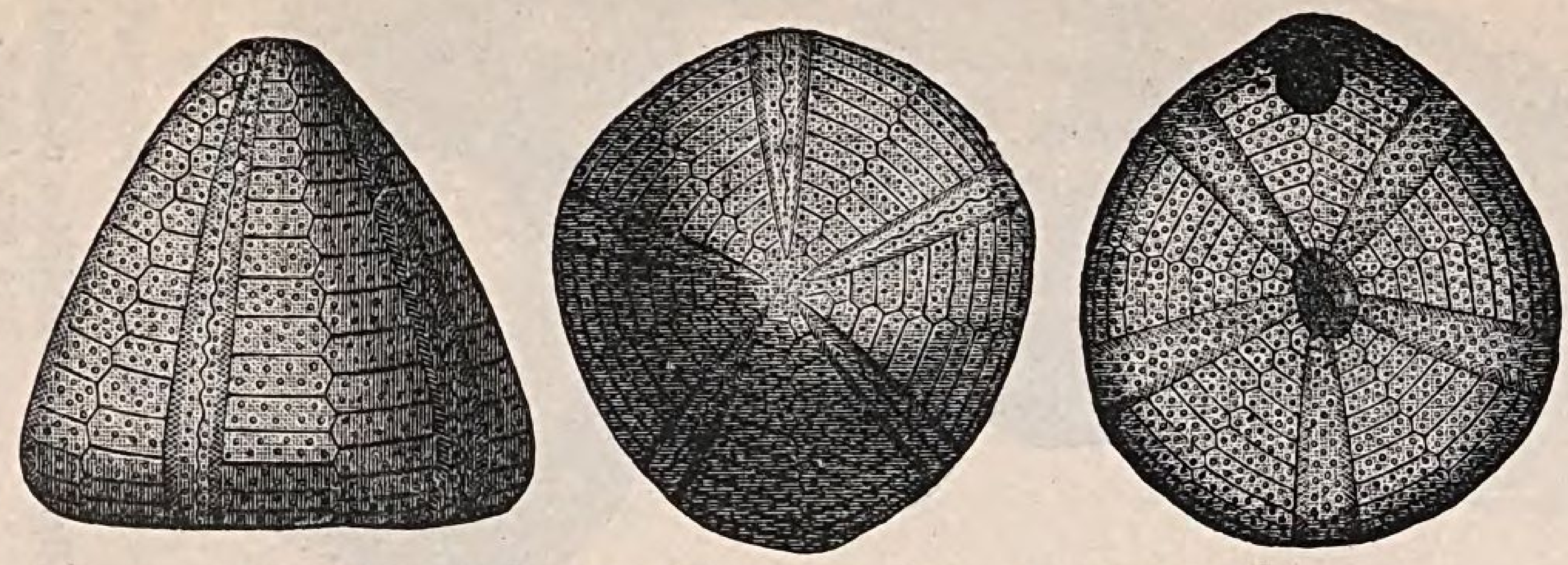


Fig. 125. Galerites albogalerus *Lam.* Aus dem Turon.

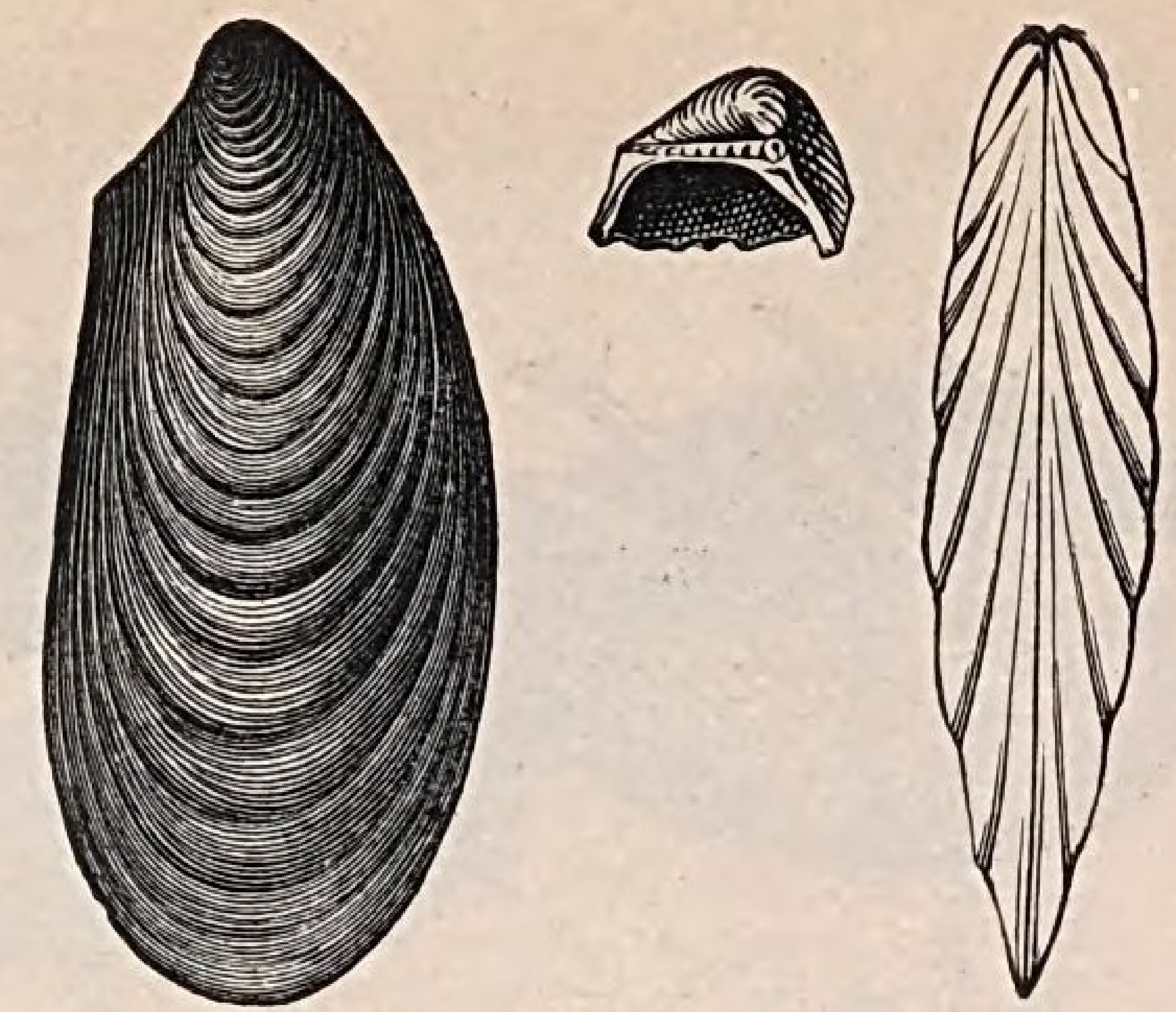


Fig. 127. Inoceramus labiatus *Brongn.* Aus dem Turon.

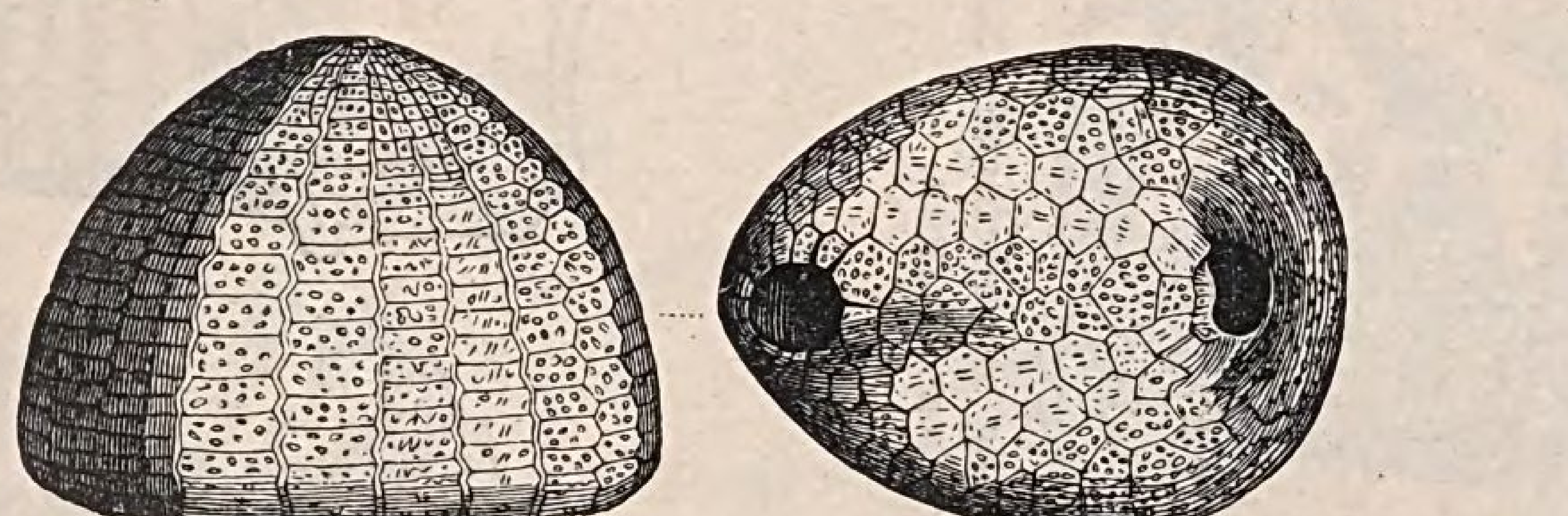


Fig. 126. Echinocorys vulgaris *Breynius* var. ovata *Lam.* Aus dem Senon.

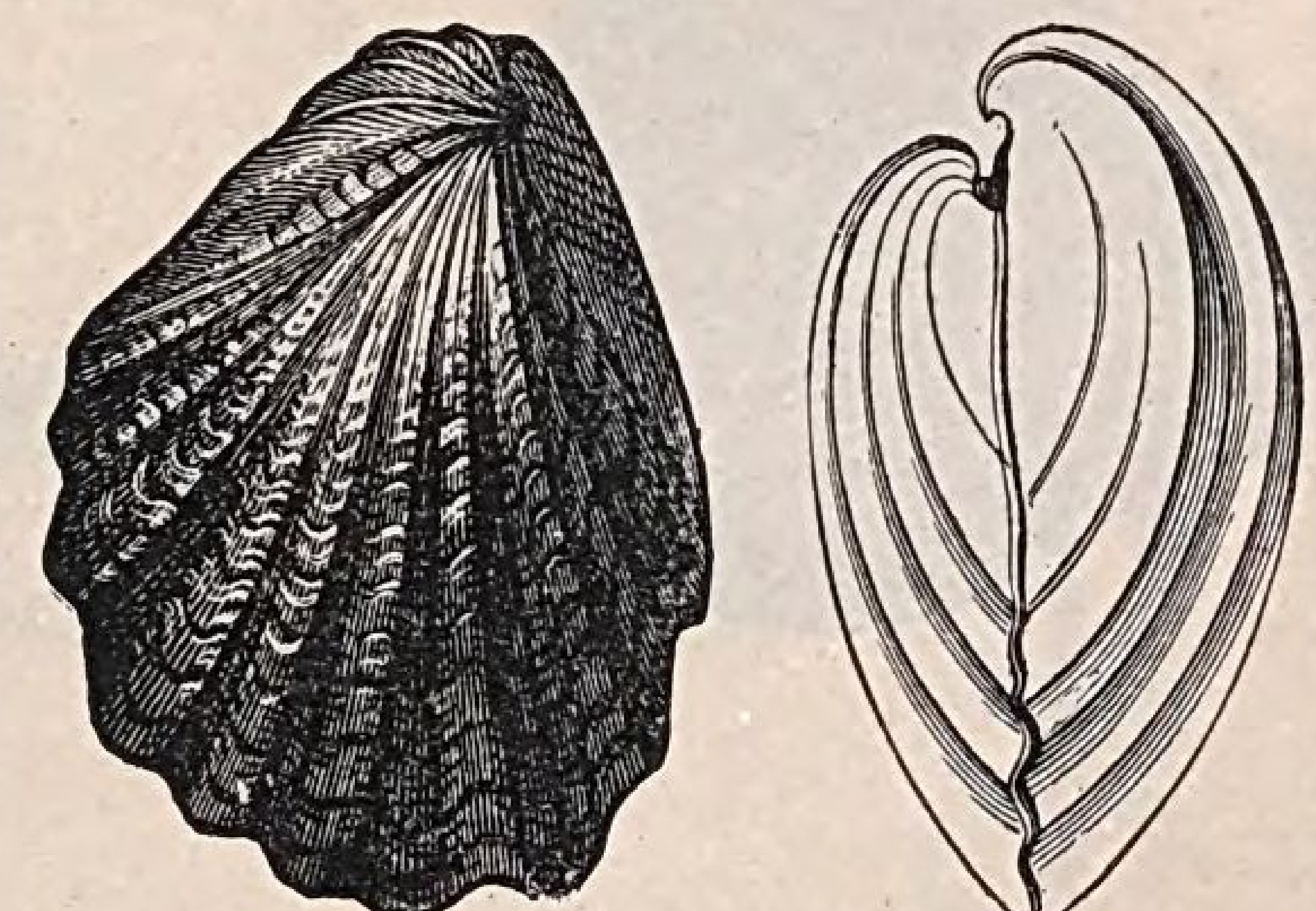


Fig. 128. Inoceramus sulcatus *Park.* Aus dem Gault.

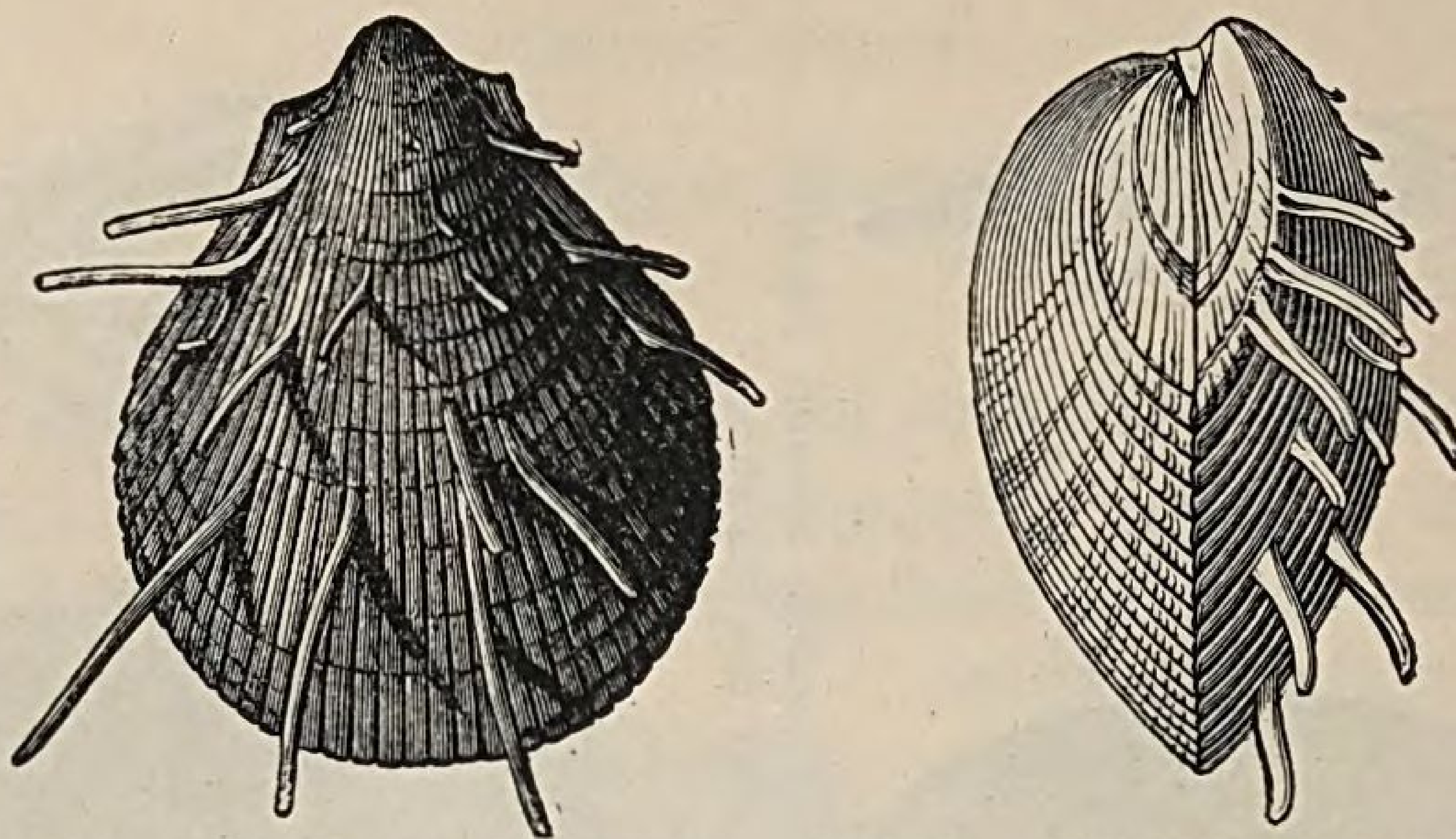


Fig. 129. Spondylus spinosus *Sow.* sp. Aus dem Turon.



Fig. 130. Melania strombiformis *Schloth.* Aus dem Wealden.

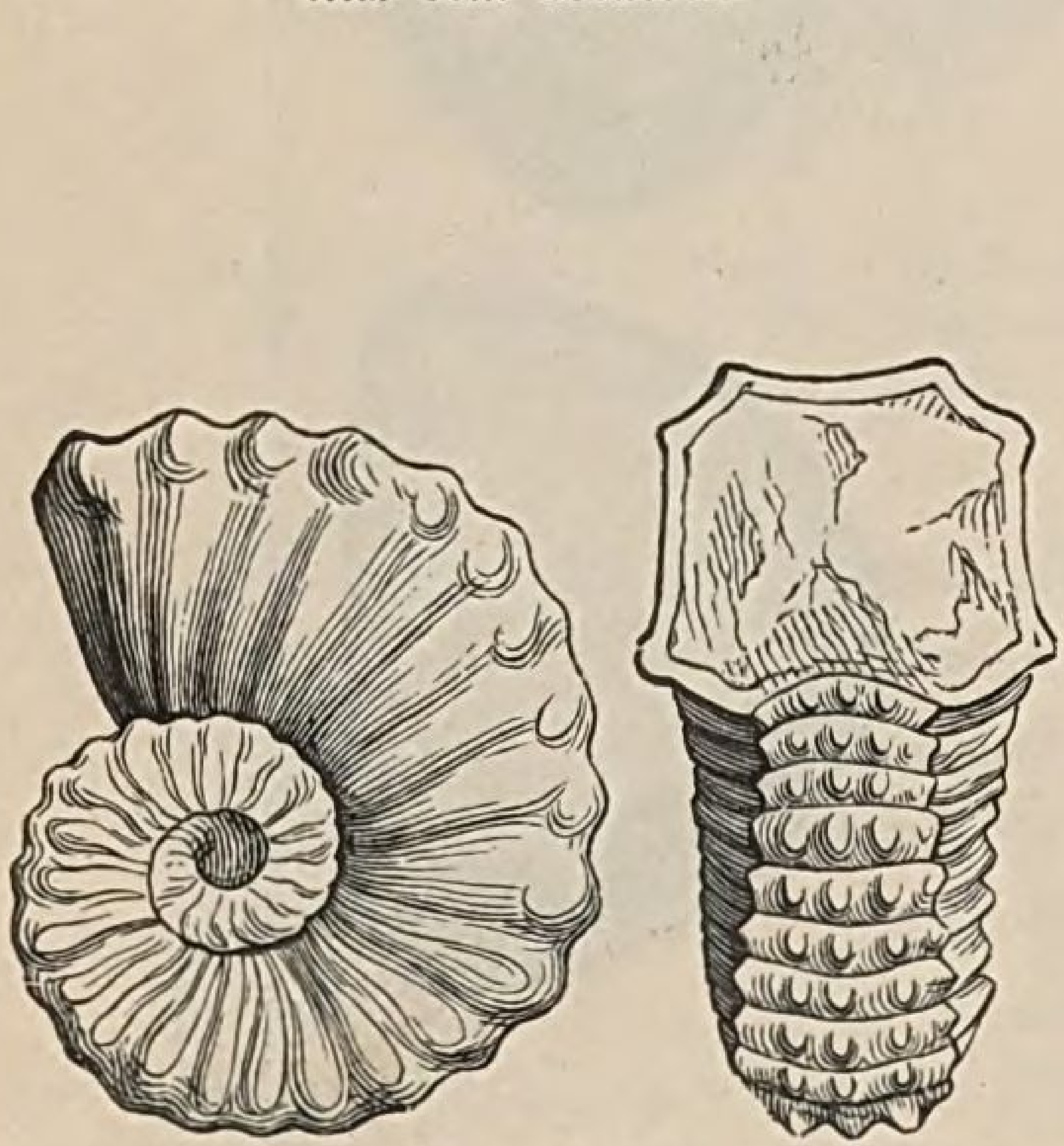


Fig. 131. Ammonites Rhotomagensis *Brongn.*

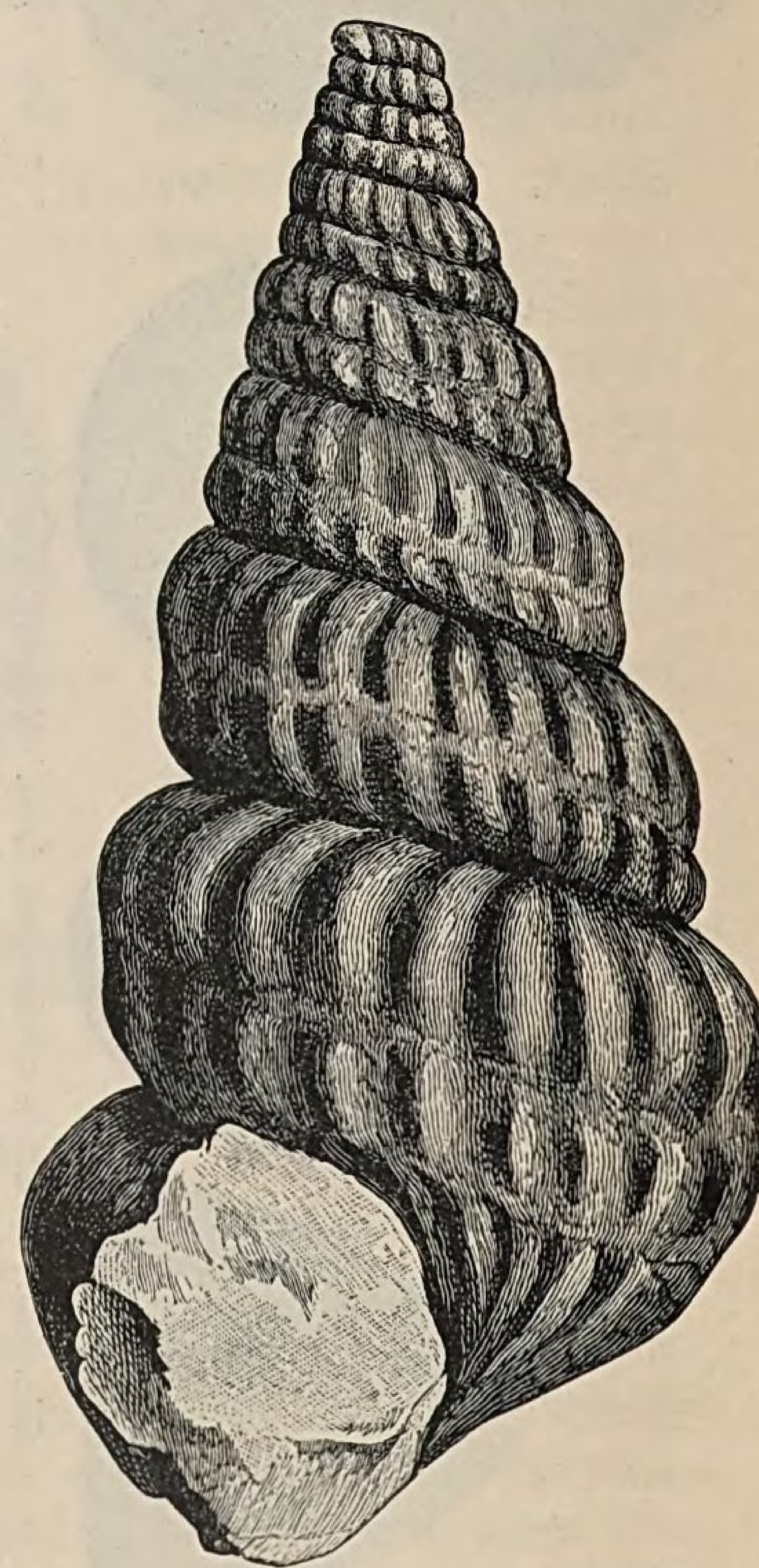


Fig. 132. Turrilites costatus *de Roissy.* Aus dem Gault.

formation. Zu großer Blüte gelangen dagegen die Echiniden mit den Gattungen Cidaris, Toxaster, Discoidea, Galerites (Fig. 125), Micraster, Echinocorys (Fig. 126) ꝛc. Die



Fig. 133. Ancyloceras matheronianum *d'Orb.* Aus dem Gault.

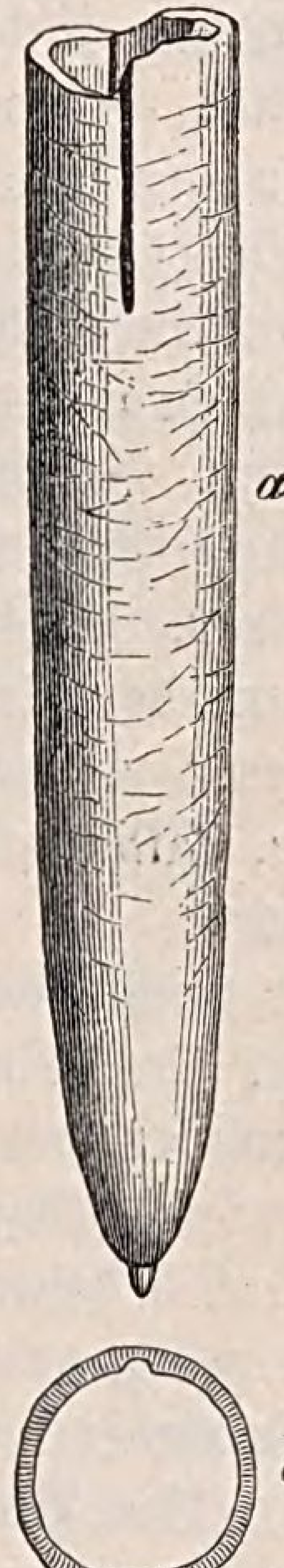


Fig. 134. Belemnitella mucronata *Schloth.* sp. a Vollständige Scheide — b Querschnitt durch den obern Teil der Scheide, die Alveolarhöhle, die Alveolarspalte und die Alveolarrinne zeigend.

hauptsächlichsten Geschlechter der Brachiopoden sind Rhynchonella, Terebratula, Craina, Terebratella, Magas etc.; auch die Bryozoen kommen in der Kreide in Betracht (Eschara u. a. mehr), desgleichen die Würmer mit der Gattung Ser-

pula. Die Zweischaler sind in der Kreidezeit sehr stark entwickelt gewesen. Es seien als Beispiele hier genannt Ostraea, Exogyra, Lima, Pecten, Spondylus (Fig. 129), Inoceramus (Fig. 127 und Fig. 128), Trigonia, Unio, Cyrena etc. Nicht zu vergessen sind hier die Rudisten mit ihren Gattungen Radiolites, Hippurites, Sphaerulites etc. Die wichtigsten Gastropoden sind wohl folgende: Nerinea, Turritella, Melania (Fig. 130), Paludina etc. Die Cephalopoden treten noch mit einer Menge zum Teil höchst eigentümlicher Arten auf, sterben aber gegen Schluß der Kreideperiode zum größten Teile aus. Genannt seien die Genera Ammonites (Fig. 131), Turrilites (Fig. 132), Ancyloceras (Fig. 133), Crioceras, Toxoceras, Scaphites, Nautilus und die Familie der Belemniten mit der Untergattung Belemnitella (Fig. 134). Die Krustaceen erscheinen mit mehreren wichtigen Gattungen (Cypris, Callianassa), auch eine Anzahl echter Krabben findet sich schon.

Die wichtigsten Gattungen der Fische sind Lepidotus, Otodus, Corax und Oxyrhina; von den übrigen Wirbeltieren müssen wir uns auf die Erwähnung der allerwichtigsten beschränken. Während die Sauriergattungen der Juraformation bedeutend zurücktreten, finden sich neue, wenn auch weniger wichtige Gattungen (Mosasaurus). Wichtiger dagegen sind die Ueberreste der Dinosaurier (Inguanodon, Megalosaurus). Von Vögeln sind zu nennen die mit Zähnen in den Kiefern versehenen Odontornithen (Hesperornis, Ichthyornis).

Einteilung des cretaceischen Systems.

Man teilt die Kreideformation ein in folgende fünf Glieder:

1. Neocom oder Hils mit dem Wealden.
2. Gault.
3. Cenoman.
4. Turon.
5. Senon.

Zwei große klimatische Facies in den Ablagerungen des cretaceischen Systems.

Auch in den Meeren der Kreideperiode waren klimatische Verschiedenheiten vorhanden, die wir heute noch in dem paläontologischen Habitus der cretaceischen Sedimente konstatieren können. Während die Kreide des Nordens eine charakteristische Fauna von Ammoniten, Belemniten und Inoceramen führt, ist die südliche Kreide ausgezeichnet durch das massenhafte, ja bisweilen riffartige Auftreten jener eigentümlichen Zweischaler, welche man schlechtweg als Rudisten (im weiteren Sinne) bezeichnet (Requienia, Caprotina, Monopleura, Plagioptychus, Hippurites, Radiolites etc.), Formen, die der nördlichen Kreide entweder ganz fehlen oder die nur als verkümmerte Typen darin vorkommen, dann durch riffbauende Korallen, durch besondere Gastropoden (Actaeonella etc.). Die Formen der nördlichen Kreide sind dagegen wiederum in den südlichen Sedimenten dieses Systems nur mangelhaft vertreten.

So spricht man denn von einer südlichen Kreidefacies (Nordafrika, Portugal, Pyrenäen, Südfrankreich, Alpen, die vom Mittelmeer umsäumten Teile Asiens, Afghanistan, Indien, Nordamerika zum Teil, so Columbia, Texas, Mexico, dann auch Westindien), und von einer nördlichen Kreidefacies (Norddeutschland, Dänemark und Schweden, England, Nordfrankreich, Westseite Nordamerikas, Alaska, Californien, Nevada, Dakota, Kansas, Ostseite, als New-Jersey).

Die nördliche Kreidefacies.

1. **Das Neocom oder Hils mit dem Wealden.** Man versteht darunter die unteren Glieder der Kreideformation; das Neocom oder Hils nennt man die Meeresablagerungen jener Periode, während unter der Bezeichnung Wealden oder Deister die Süß- und Brackwasserschichten der unteren Kreide verstanden werden. Als Leitfossilien des Neocom kann man ansehen Toxaster complanatus *Ag.*, Rhyncho-

nella multiformis *Roemer*, Exogyra Couloni *d'Orb.*, als solche des Wealden Melania strombiformis *Schloth.* (Fig. 130), Unio Waldensis und andere mehr. Der Name Neocom stammt von der Lokalität Neufchatel in der Schweiz, woselbst dieses Formationsglied zuerst entdeckt wurde, und ist die griechische Uebersetzung dieses Wortes. Die Bezeichnung Wealden kommt von der Gegend in England, woselbst man dieses Formationsglied zuerst erkannt hat, the weald. Man nennt dasselbe auch die Wälderformation, oder nach der deutschen Gegend, in der es ansteht, die Deister-formation.

Das Neocom wird in mehrere Unterabteilungen zerlegt, die hier zu erörtern kein Platz ist; die Wealdenbildung trennt man in ein unteres, sandiges, und in ein oberes, thoniges Glied (Wealdensandstein und Wealdenthon). Die Neocomformation ist allgemeiner verbreitet, während das Wealden nur an wenigen Stellen entwickelt ist, und zwar in den englischen Grafschaften Sussex, Essex und Kent, in der Nähe von Boulogne und im nordwestlichen Deutschland, und zwar in Braunschweig, Hannover und im Teutoburger Wald.

2. **Der Gault.** Im Gault herrschen die Thone und Mergel vor, während die Sand- und Kalksteine nur eine untergeordnete Rolle spielen. Zu der Gaultbildung und zwar zu deren obersten Gliedern gehört auch das Flammenmergel genannte Gestein, ein von dunkeln Streifen durchzogener Mergel. Die Fauna des Gaults ist eine marine; hier kommen die eigentümlichen Cephalopodengeschlechter Ancyloceras, Toxoceras etc. vor. Im Norden Frankreichs zeigt sich die Gaultbildung als Sand- und Thonbildung, deren unterstes Glied das Aptien, deren oberes jedoch das Albien genannt wird. Der Gault ist eine allgemeinere und größere Verbreitung besitzendes Glied der Kreideformation.

3. **Das Cenoman.** Auch das Cenoman ist eine marine Bildung von vorherrschenden glaukonitischen Sandsteinen, dabei von Thonen und Mergeln. Als dessen wichtigste

Glieder sind zu nennen: zu unterst die Schichten mit Ostraea diluviana *Golof.*, Pecten asper *Lam.*, Protocardium Hillanum *Beyr.*, dann die Schichten des Ammonites (Schloenbachia) varians *Sow.*, mit Scaphites aequalis *Sow.* etc., nach oben endlich die Schichten des Ammonites (Acanthoceras) Rhotomagensis *Brongn.* (Fig. 131). Die erstgenannte Schichtenreihe tritt lokal als chloritische Sandbildung auf (Essener Grünsande). In Frankreich besteht das Cenoman im Norden aus Thonen und Sanden mit untergeordneten Kalksteinen. Die unteren Schichten, grüne Sande, mit Pecten asper, nennt man Tourtia-Kreide. In England ist die Hauptbildung des Cenomans der Upper greensand, im Gegensatz zum Lower greensand, der obersten Abteilung des englischen Neocom. In Sachsen und Böhmen ist das Cenoman als mächtige Sandsteinformation, der Unterquader oder Unterpläner, entwickelt, mit Resten von Laubhölzern (Niederschöna), zu unterst mit Lagern glaukonitischer Sandsteine, darauf der eigentliche Quadersandstein. Auch darin finden sich Ostrea diluviana, Pecten asper etc.

4. **Das Turon.** Hier herrschen Mergel (Kreidemergel) und Sandsteine vor. Die wichtigsten Fossilien sind: Galerites albogalerus *Lam.* (Fig. 125), Inoceramus labiatus *Brongn.*, (Fig. 127), Spondylus spinosus *Sow.* sp. (Fig. 129). Ammonites (Pachydiscus) peramplus *Mant.*, Scaphites Geinitzi *d'Orb.* In Sachsen und Böhmen entsprechen die mächtigen Sandsteinbildungen des Mittelquaders oder Mittelpläners, sowie des Oberquaders (Isersandstein) mit dem Ueberquader (?) dem Turon. Man unterscheidet von unten nach oben vier Stufen in diesen Schichten, nämlich:

die Stufe des Inoceramus labiatus (Mittelquader, Bildhauersandstein),

die Stufe des Inoceramus Brongniarti (Oberquader, Isersandstein &c.),

die Stufe des Scaphites Geinitzi (Mergel und Thone),

die Stufe des Inoceramus Cuvieri (Thonmergel, Ueberquader (?).

Die Bergformen des Quadersandsteins in Sachsen und Böhmen sind durch ihre Schönheit berühmt (Sächsisch-böhmische Schweiz).

Die Turonbildungen haben allgemeine Verbreitung.

5. **Das Senon.** Der petrographische Charakter des Senons besteht aus Kreidekalken, Kreidemergeln, Schreibkreide mit Feuersteinen, aus Kreidetuff, einem lockeren, meist aus Bryozoen und Foraminiferen bestehendem Kreidemergel, aus Sanden, thonigen Kalksteinen und Sandsteinen.

Gliederung des Senons in Nordwestdeutschland (und im Baltikum).

(Von unten nach oben.)

Emscher- oder Westfalicus-Kreide mit Actinocamax westfalicus, Micraster coranguinum etc.	Untersenon.
Granulaten-Kreide mit Actinocamax granulatus.	
Quadraten-Kreide mit Actinocamax quadratus.	
Mukronaten-Kreide mit Belemnitella mucronata.	Obersenon.
Belemnitenfreie Kreide oder Dania-Kreide.	

Die Fauna des Senons ist ungemein reich an Foraminiferen, Spongien, Seeigeln, Bryozoen, Brachiopoden und Mollusken. Bei Faxe auf Seeland kennt man senone Korallen- und Bryozoenriffe. Bei Mastricht finden sich an 30 m mächtige leicht zerreibliche obersenone Kalkmergel, die schon im Altertum abgebaut worden sind (Kreidetuffe von Mastricht). Auch der Pisolithenkalk von Paris, ein

eisenschüssiger oolithisch oder aus abgerollten Muschelteilchen gefügter Kalkstein gehört in das obere Senon. Die Senonbildungen sind in Europa weit verbreitet; wie wir gesehen haben in Nordwestdeutschland (Aachener Gegend, Westfalen, Hannover, Braunschweig und Harzrand), im Baltikum (Bornholm, südliches Schweden), England (besonders in der Gegend von Dover, Brighton, Folkestone, Insel Wight ꝛc.; Chalk with flints der englischen Geologen), dann im Osten von Oberschlesien (Sandsteine von Oppeln), Polen ꝛc.

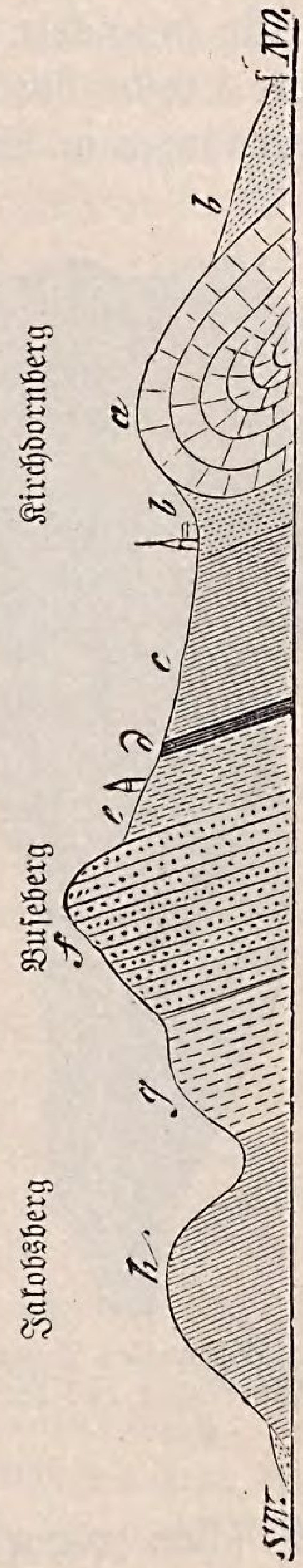


Fig. 135. Profil des Teutoburger Waldes bei Kirchdornberg. Nach *Römer*. a Muschelkalk — b Keuper — c Lias — d Serpulit — e Wealdenthon — f Neocom- und Gaultsandstein — g Flammenmergel — h Pläner.

Die südliche Facies des cretaceischen Systems.

Zu den tiefsten Ablagerungen derselben gehören die den Uebergang zwischen dem Malm und der Kreide vermittelnden Berriasschichten, etwa unteres Neocom (Alpengebiet Südfrankreichs, westliche Kalkalpen). Eine weitere wichtige Stufe (oberes Neocom) wird durch die Barrêmeschichten mit Crioceras Emerici und anderen aufgerollten Ammonitenformen repräsentiert. Aequivalente derselben sind die Wernsdorfer Schichten in den Karpathen. Zum Gault zu rechnensind die Schrattenkalke der Alpen, mit den als Karren oder Schratten bezeichneten Auswitterungsformen, und mit Kaprotinen (Caprotina ammonia, Requienia Lonsdalei etc.), dann die Orbitulinenschichten, erfüllt von einer Foraminifere, Orbitulina lenticularis, und die Gargas-

mergel der Drôme und der Basses-Alpes. Die Sewen-schichten (nach dem Dorfe Sewen bei Schwyz so genannt), in der Schweiz mergelig, weiter im Osten (Allgäu, Vorarlberg) kalkig entwickelt, vertreten in den ebengenannten Arealen die obere Kreide bis in das Senon, die Gosauschichten (nach der Gosau im Salzkammergut benannt, in den Reichenhaller und Salzburger Alpen) Turon und Untersenon. Dieselben sind durch einen großen Reichtum an Korallen, Rudisten und Actaeonellen ausgezeichnet (Untersberger Marmor). In diese Stufen gehören dann auch die gewaltig entwickelten Rudistenkalke der Südalpen, Dalmatiens, Griechenlands, Kleinasiens, Persiens, des Himalaya &c. Die Cosinaschichten oder die liburnische Stufe Dalmatiens und Krains sind Brack- und Süßwasserbildungen (z. T. kohlenführend), welche auf den Rudistenkalken liegen. Ein Teil der Flyschbildungen in den Ostalpen und der Wiener Sandstein im Wiener Wald dürften ebenfalls in das Senon gehören. Ueber die weitere Verbreitung der südlichen Kreidefacies ist schon früher das Nötige gesagt worden.

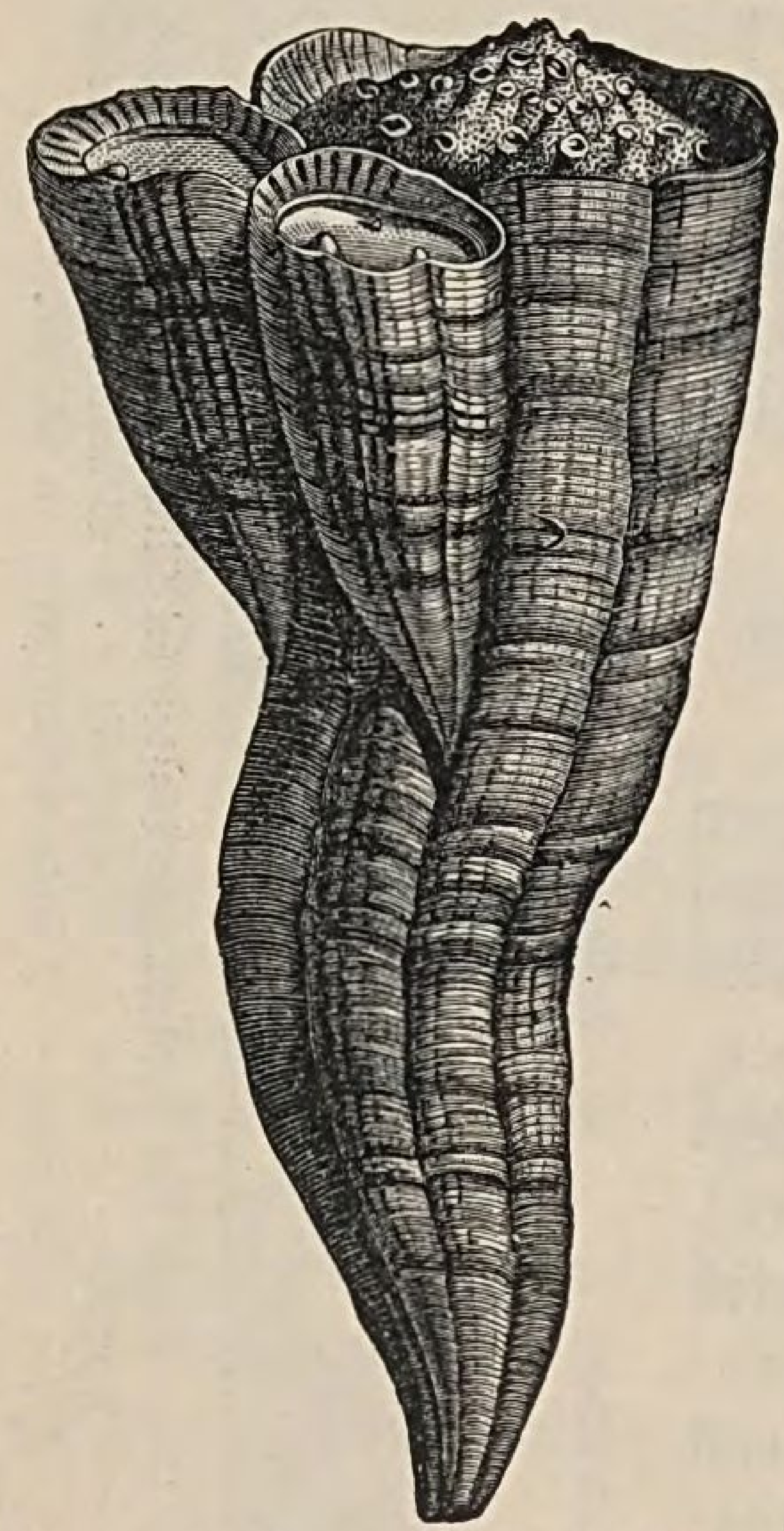


Fig. 136. Hippurites Toucasianus *d'Orb.* Ein Rudist aus der oberen Kreide.

Die Eruptivgesteine fehlen fast gänzlich in der Kreideformation; wo Kreideschichten von denselben durchsetzt wurden, wie z. B. in der sächsischen Schweiz und in den Karpathen, da gehören die eruptiven Massen fast durchweg einer späteren Zeit an.

Die nutzbaren Mineralien der Kreideformation

beschränken sich auf das Vorkommen von Phosphoriten im Gault und Cenoman Frankreichs, Englands, Podoliens und Innerrußlands (Smolensk), von Steinkohle im Deister Hannovers, von Eisenoolith an verschiedenen Punkten Frankreichs, von Asphalt im Kanton Neufchatel in der Schweiz (Presta bei Travers), bei Bentheim in Westfalen, und schließlich von Strontianit in den Senonschichten derselben Provinz, in der Gegend von Münster und Lippe.

Vierzehnter Abschnitt.

Die känozoische Aera oder Formationsgruppe.

Die Tertiärformation oder das tertiäre System.

Mit dem Beginne der känozoischen Zeit fangen gewisse Tier- und Pflanzenformen, deren erstes Auftreten noch in die mesozoische Formationsgruppe fällt, an, sich mächtig zu entwickeln, die ganze organische Schöpfung trägt schon zum Teil den Charakter der heutigen Tier- und Pflanzenwelt an sich und ist viel mehr individualisiert, als dies in der mesozoischen Zeit der Fall gewesen war. Hingegen verschwinden wieder große Pflanzen- und Tierfamilien völlig von der Erdoberfläche, die in der mesozoischen Formationsgruppe zu bedeutender Entfaltung gelangt waren, wie z. B. die Ammoniten, die Rudisten, die Inoceramen rc. Je mehr wir in die höheren Schichten der Tertiärformation gelangen, um so mehr Tier- und Pflanzenformen, die mit den heutzutage auf der Erdoberfläche vorhandenen sehr nahe verwandt oder gar identisch sind, treffen wir in denselben an.

Da in der Tertiärformation schon bedeutende klimatische Unterschiede sich geltend gemacht haben, die gleichalterigen Ablagerungen daher in den verschiedensten Facies entwickelt

sind, so ist es bei dem beschränkten Raum, über den wir hier gebieten, nur möglich, die allerwichtigsten Glieder der Tertiärformation hervorzuheben.

Der petrographische Charakter der Tertiärformation ist ein ziemlich einförmiger. Es kommen hier in Betracht Sandablagerungen, Sandsteine, Kalksteine, Thone und Mergel, Quarzite, Gerölle und Konglomerate.

Die Flora der Tertiärformation. Als besonders wichtig sind zu nennen Nadelhölzer und Palmen, ferner die zu mächtiger Entwickelung gelangten angiospermen Dikotyledonen. Die Kryptogamen der paläozoischen Zeit fehlen fast ganz, auch die Cycadeen der mesozoischen Formationsgruppe sind schon selten geworden.

Die Fauna der Tertiärformation. Zwischen derselben und jener der mesozoischen Zeit besteht der schon erwähnte Hauptunterschied, daß noch jetzt vorhandene Formen im Tertiär erscheinen und die Wirbeltiere, ganz besonders die Säugetiere, stark entwickelt sind. Foraminiferen finden sich in großer Menge, die Schwämme werden selten, doch kennen wir wohl nur erst wenige Schwammformen des Tertiärs, da wir mit wenigen Ausnahmen noch keine Kunde von Tiefseeablagerungen der Tertiärzeit haben. Auch die Korallen treten, was die Menge ihres Vorkommens betrifft, zurück, ebenso die Echinodermen, von denen meist nur noch die Echiniden vorwalten; das Gleiche läßt sich von den Brachiopoden sagen, die überhaupt von nun an seltener werden. Die Gastropoden und Zweischaler sind zu reicher Entfaltung gelangt; von den in der mesozoischen Zeit so ungemein reich vertretenen schalentragenden Cephalopoden finden sich nur noch sehr wenige Arten, darunter Nautilus. Die Arthropoden sind durch alle ihre heute noch lebenden Abteilungen, mit nur wenigen Ausnahmen, vertreten, die Wirbeltiere und deren mächtiges Aufblühen in der Tertiärzeit sind schon erwähnt worden; Fische, namentlich auch Haifische, kommen in vielen Arten vor, dann Vögel und endlich die Säugetiere.

Die Einteilung des Tertiärs

beruhte früher auf dem Prozentverhältnis der noch lebenden Molluskenarten zu den ausgestorbenen; es ist daher eine Dreiteilung der Tertiärformation in folgende Abteilungen aufgestellt worden:

Eocän (keine der jetzt noch vorhandenen Molluskenarten),
Miocän (etwa 10—40 % noch lebende Spezies),
Pliocän (etwa 40—90 % noch lebende Spezies).

Diese Einteilung hat sich jedoch nicht als ganz praktisch erwiesen und man hat sich genötigt gesehen, mit Beyrich noch eine weitere, 4. Abteilung zwischen die 1. und die 2. einzuschieben, die man Oligocän genannt hat. Die heutige Einteilung wäre demnach folgende:

Eocän, Oligocän } Paläogenes Tertiär,
Miocän, Pliocän } Neogenes Tertiär.

Eocän und Oligocän werden von manchen Geologen auch als Nummulitensystem, Miocän und Pliocän dagegen als Molassesystem zusammengefaßt.

Das Eocän.

Die wichtigsten zum Eocän gehörigen Bildungen sind die Ablagerungen Englands, deren untere Stufen die Sande von Thanet und die Woolwich- und Reading-Series repräsentieren, das Paleocän, erstere mariner, die letzteren partiell brackischer Natur. Darauf folgen als wichtigste Glieder des Mitteleocäns der Londonthon und der Bagshotsand mit mariner Fauna und den eingeschwemmten Ueberresten von Landpflanzen und von Landtieren. Das Obereocän ist in den Bartonthonen und Sanden, mächtigen marinen Bildungen, entwickelt. Nicht minder wichtig als die englischen Ablagerungen sind die Eocänbildungen Belgiens und des Seinebeckens, letztere abwechselnde brackische und Süß-

wassersedimente, aus Sanden, Thonen und Kalksteinen (Pariser Grobkalk), bestehend. Die eben genannte Bildung führt eine Menge Fossilien, wovon besonders bemerkenswert sind gewisse Foraminiferen, wie die Milioliden und Nummuliten, welche förmlich gesteinsbildend auftreten, dann eine große Menge Gastropoden (Cassis, Cerithium [Fig. 138], Turritella, Conus, Fusus und andere mehr), und Zweischaler (Crassatella [Fig. 138], Cardium, Venericardia, Chama, Lucina etc.), sowie die ersten Spuren von placentaren Säugetieren. Auch im Untergrunde Kopenhagens stehen ältere Eocänablagerungen an, ebenso wurden solche in einem Bohrloch von Lichterfelde bei Berlin in 333 bis 340 m Tiefe erschrotet.

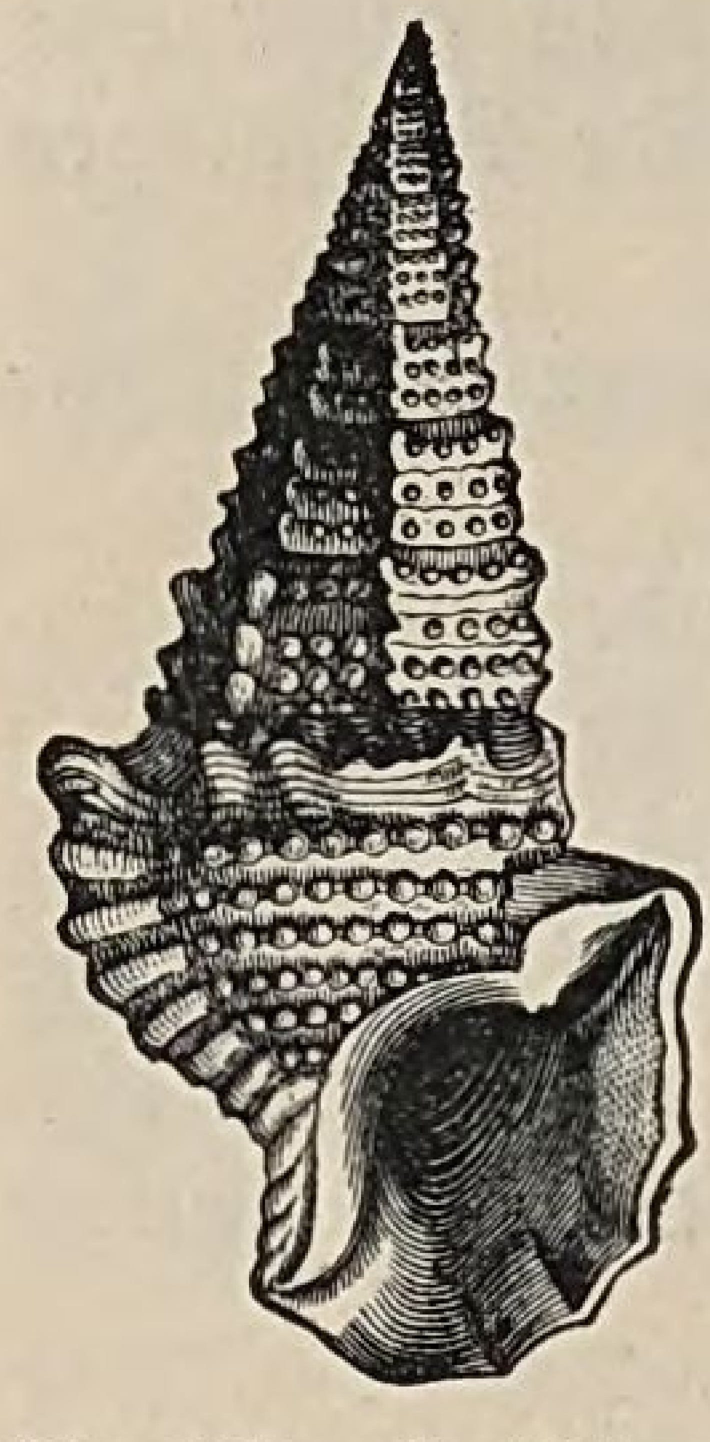


Fig. 137. Cerithium hexagonum *Brongn.* Aus dem Pariser Grobkalk.

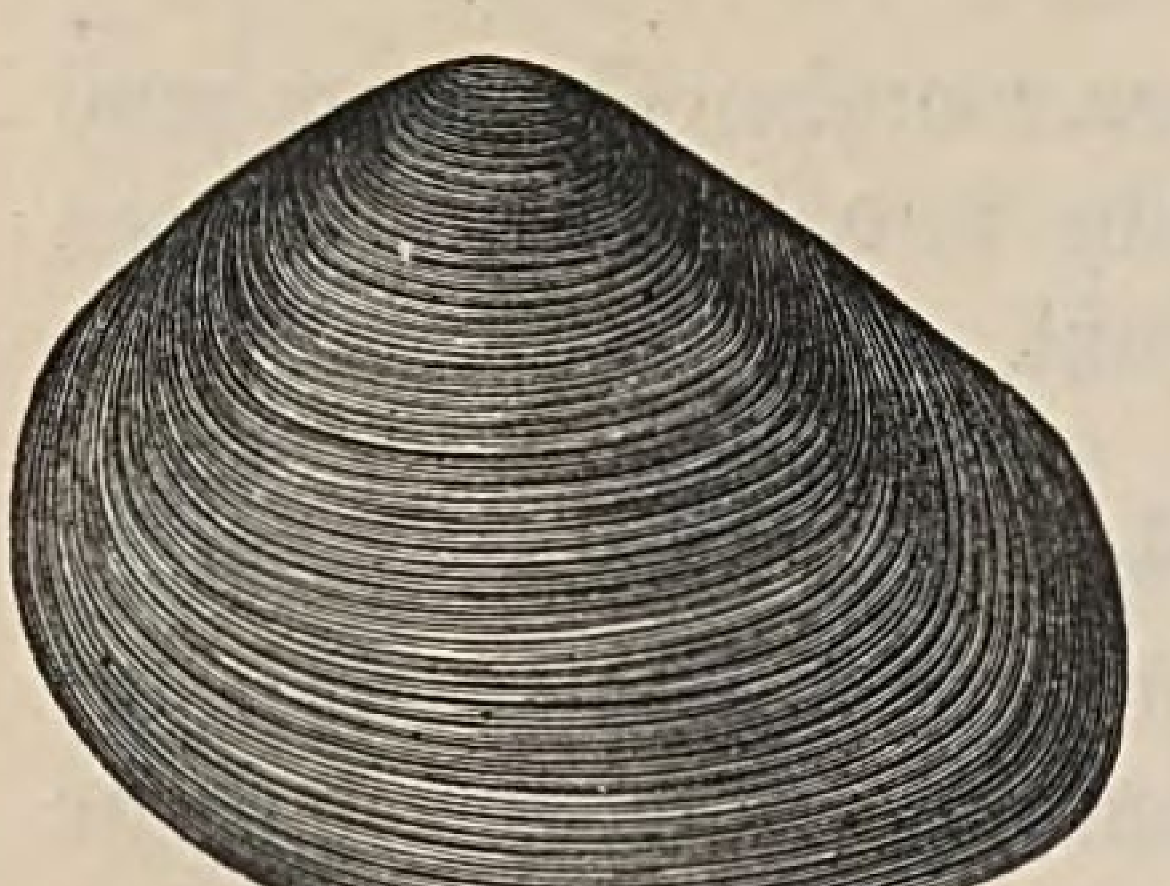


Fig. 138. Crassatella ponderosa *Nyst.* Aus dem Pariser Grobkalk.



Fig. 139. Nummulina Puschi *d'Arch.* Aus dem Nummulitenkalkstein der Pyrenäen.

Im Süden ist das Eocän in der Nummulitenfacies entwickelt und es erreicht in dieser Ausbildung eine sehr große Ausdehnung in den Alpen, den Apenninen, den Karpathen, Pyrenäen, in Griechenland und in der Türkei, in Spanien, in Kleinasien, in Aegypten, Algier, Persien, Ost=

indien ꝛc. Meist sind die Nummuliten führenden Kalksteine hart, von heller oder von dunkler Farbe, dicht oder thonig, oder auch sandig und oftmals so sehr von Nummuliten erfüllt, daß förmliche Nummulitenkalke entstehen. Die in der Nummulitenformation auftretenden Nummuliten gehören sehr verschiedenen Spezies an; es seien hier nur einige der wichtigsten Formen, Nummulina planulata, N. variolaria, N. Puschi (Fig. 139), N. laevigata, N. Gizehensis (Fig. 140), genannt. In den Ablagerungen der Nummulitenfacies finden sich neben diesen Foraminiferen noch Gastropoden, Pelecypoden, Seeigel, überhaupt die verschiedensten Fossilien.

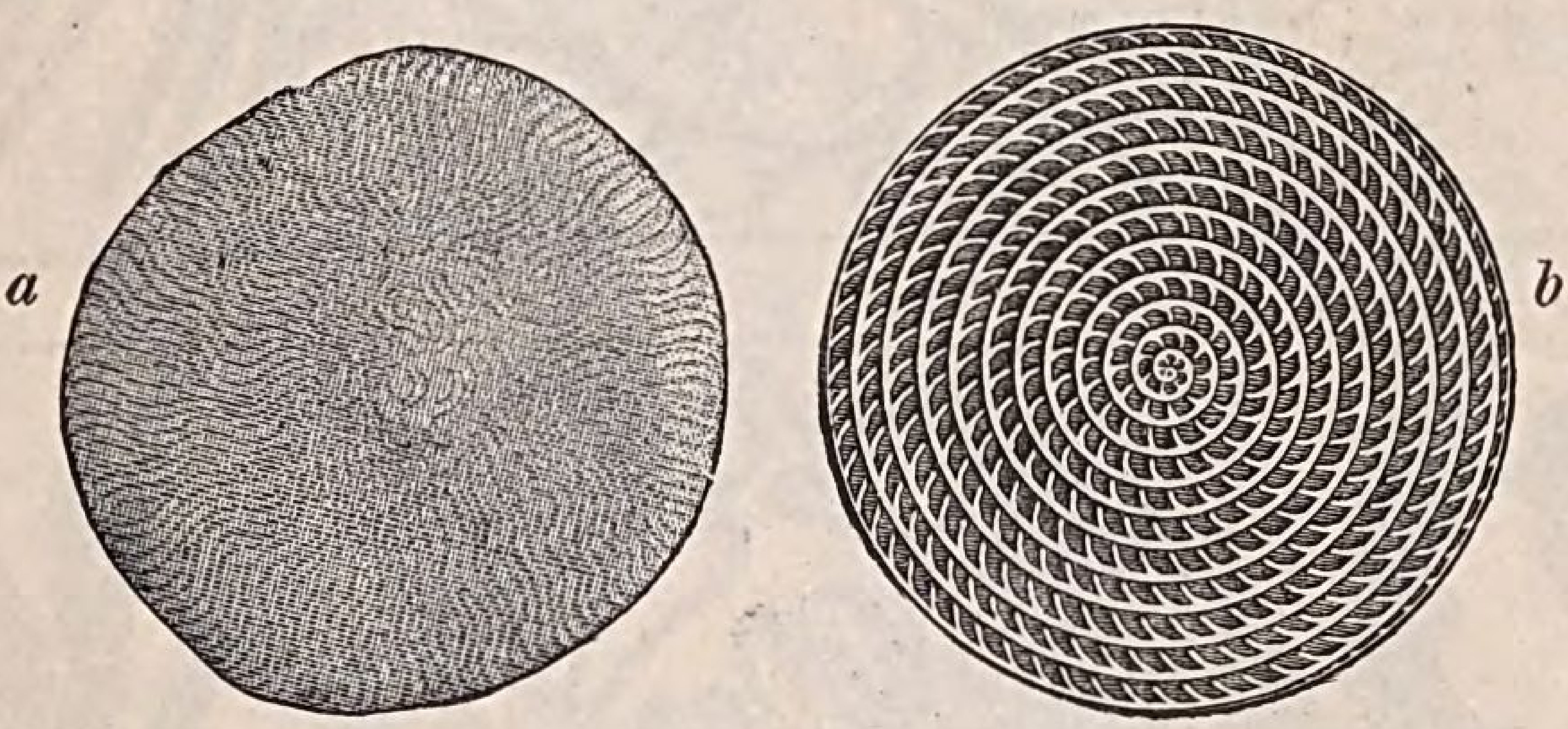


Fig. 140. Nummulina Gizehensis *Lk.* a Aeußere Ansicht — b Horizontaldurchschnitt durch die Schale.

Eine andere Faciesentwickelung des Eocäns in den Alpen ist die Flyschbildung. Unter Flysch versteht man eine besondere Art von thonigem Schiefergestein, dünnblättrige Mergelschiefer mit Zwischenlagen von kalkigen Sandsteinen und von Konglomeraten. Dieser Flysch führt zahlreiche Ueberreste von Fucoiden, von Meeresalgen, von welchen einige häufigere Formen umstehend abgebildet sind (Fig. 141). Die Flyschbildung, die oftmals, wie auch die Nummulitenbildung, mehrere hundert Meter Mächtigkeit erreicht, ist übrigens nicht durchaus zum Eocän zu rechnen. Nach neueren Untersuchungen gehört ein Teil davon der oberen Kreide an.

Das Oligocän.

Auch hier seien zuerst die englischen Oligocänablagerungen genannt, welche ebenfalls, wie die daselbst ausgebildeten Eocänschichten, aus Sanden, Mergeln und Thonen bestehen

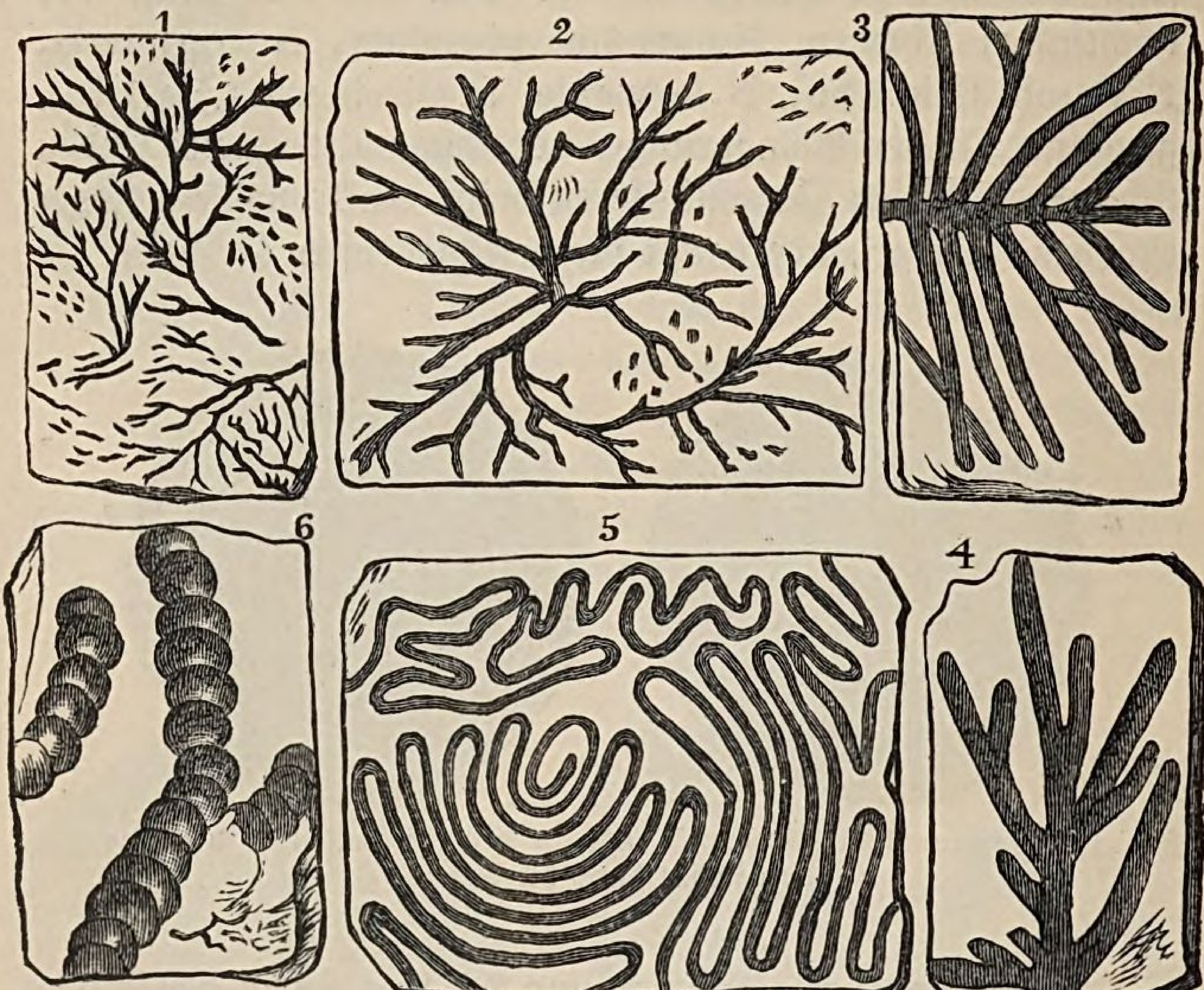


Fig. 141. 1. Chondrites intricatus *Sternb.* — 2. Chondrites Targionii *Sternb.* — 3. Chondrites patulus *F. O.* — 4. Chondrites inclinatus *Brong.* — 5. Helminthoidea labyrinthica *Heer.* — 6. Muensteria annulata *Schaf.* = Taenidium Fischeri *Heer.*

und teils brackische, teils marine Sedimente repräsentieren. Zu oberst finden sich auch Braunkohlenbildungen.

Im Seinebecken folgt auf die eocänen Ablagerungen eine Reihe von Sedimenten, wovon das oberste und das unterste als Ablagerungen aus Süßwasser, das mittlere Glied jedoch als marine Bildung aufzufassen ist.

Die unterste dieser beiden Süßwasserbildungen nennt man die Gruppe der Süßwasserkalke und der

Gipse. Sie besteht aus Mergeln und Kalken von heller Farbe und ist oftmals reich an kieseligen Beimengungen. In den Mergeln finden sich Strontianitnieren. In den Gipsmergeln (Montmartre) dieser Abteilung kommen die berühmten Zwillingskrystalle von Gips und die ebenso bekannten Menilitknollen vor, dabei auch die Knochen des Anoplotherium und des Palaeotherium (Fig. 142), der Stammväter der Wiederkäuer einerseits und der Schweine und Dickhäuter anderseits.

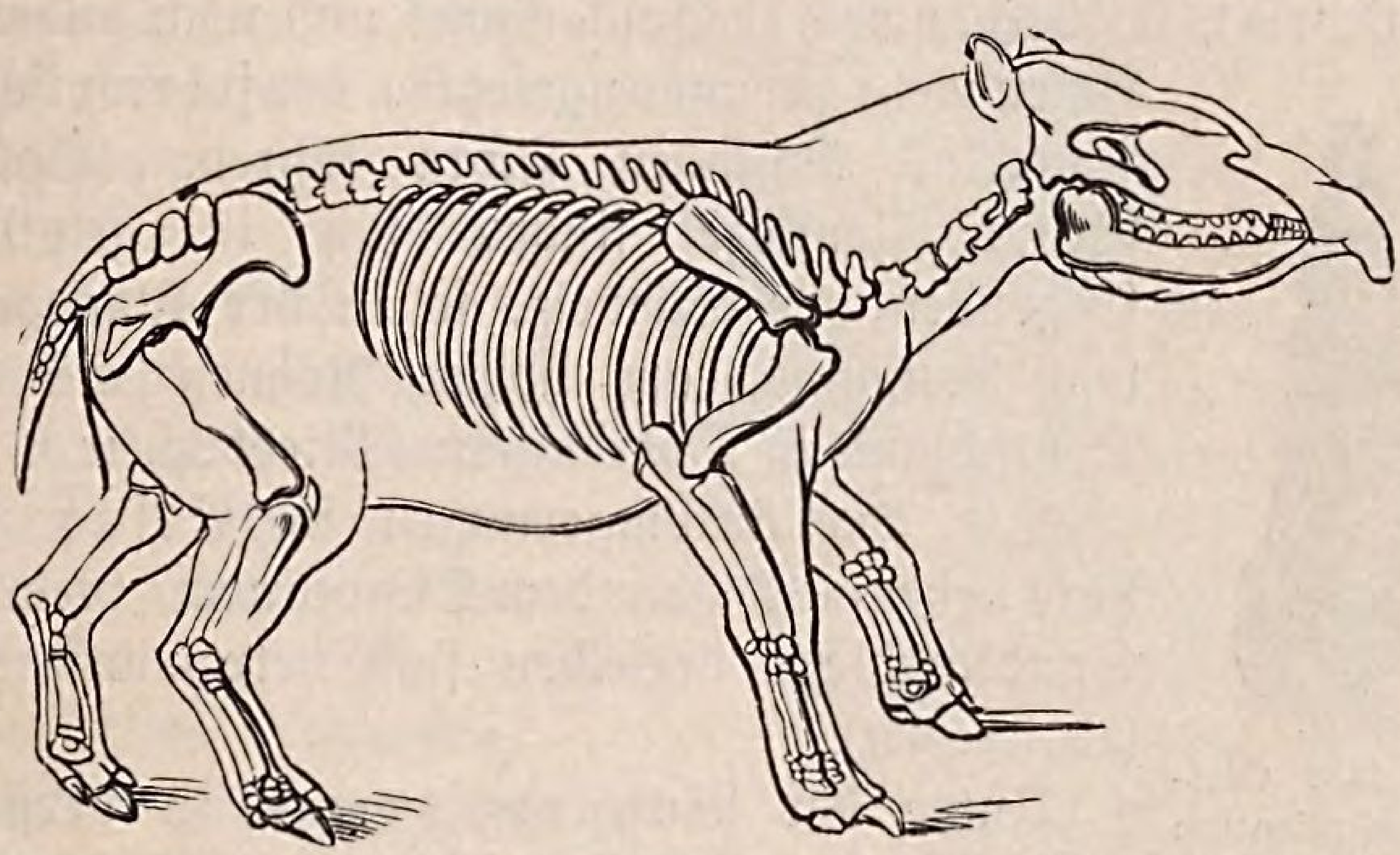


Fig. 142. Palaeotherium magnum *Cuv.* Aus dem Gipse vom Montmartre. (Restauriert.)

In der mittleren, sandigen und marinen Ablagerung finden sich als Hauptfossilien Zweischaler und Gastropoden (Cyrena, Corbula, Ostraea, Aporrhais, Fusus etc.) und die berühmten als krystallisierter Sandstein von Fontainebleau bekannten Konkretionen.

Die obere, zweite Süßwasserbildung besteht aus dem Kalkstein der Beauce und den Mühlsteinen (meulières) von Montmorency, zu unterst Schichten mit Limnaeus, zu oberst der sogen. Helicitenkalkstein, ein Mergelkalk mit Helix.

In der Schweiz tritt das Oligocän als untere Meeresmolasse und untere Braunkohlenbildung

auf, erstere eine mergelige Sandsteinbildung mit denselben Leitfossilien, wie in den mitteloligocänen Bildungen Frankreichs, Englands und Norddeutschlands (Cerithium plicatum [Fig. 143], Cyrena semistriata), die letztere Bildung aus dem Nagelfluh genannten Konglomerate, aus Sandstein (sogen. rote Molasse), Mergeln ꝛc. bestehend, mit Braunkohlenflözen, welche die Reste einer brackischen Fauna (Cyrene, Corbula etc.) und einer aus Zimmetlorbeerbäumen (Cinnamomum), Fächerpalmen (Sabal), Fiederpalmen (Phoenicites, Manicaria), Amberbäumen (Liquidambar) und noch anderen Arten mehr zusammengesetzten, der subtropischen Amerikas ähnlichen Flora führen. Solche Braunkohlenflöze finden sich in gewissen Gegenden der Schweiz, so in der Umgegend von Lausanne, am hohen Rohnen und in Deutschland in Oberbayern (Miesbach ꝛc.).



Fig. 143. Cerithium plicatum *Brug.*

Die Tertiärablagerungen im Elsaß gehören ebenfalls meist dem Oligocän an. Gewisse Sandkomplexe derselben sind petroleumhaltig (Lobsann).

Unter der Bohnerzformation versteht man Thone oligocänen Alters, die in den Spalten und auf Klüften des ältern Gebirges (Malm) auftreten und fast gänzlich erfüllt sind von kugeligen, schalig aufgebauten Konkretionen von unreinem, mit Kieselsäure und Thonerde vermischtem Brauneisenstein. Dieselben enthalten oftmals in großer Menge die Ueberreste von Anoplotherium und Palaeotherium, sind wohl Quellabsätze, und gleichalterig mit den Gipsen vom Montmartre.

In Norddeutschland, woselbst das Oligocän mächtig entwickelt ist, unterscheiden wir mit marinem Oligocän abwechselnde Landbildungen, die oligocäne Braunkohlenformation. Letztere besteht meist aus Thonen, Sanden und mehr oder weniger festen Konglomeraten, mit Braunkohlenflözen, die aus verschiedenen Pflanzen, besonders aus Nadelhölzern (Kupressineen), als Cupressinoxylon, Taxo-

xylon, Taxites, Amyloxylon ꝛc. bestehen. Die ältesten Braunkohlenablagerungen finden sich bei Helmstedt, Latdorf ꝛc.; darüber liegen dann die Sand- und Thonbildungen, die an den eben genannten Orten durch ihre interessante marine Fauna, als Astarte Bosqueti, Cerithium laevum, Pleurotoma Beyrichi ꝛc., berühmt geworden sind. Diese Bildungen sind von unteroligocänem Alter, ebenso wie die Bernstein führenden Sedimente Ostpreußens, deren untere Abteilung aus einem glaukonitreichen Sande mit Meereskonchylien (Ostraea, Fusus, Pectunculus) und mit Einlagerungen von blauer Erde mit Bernstein besteht, worüber eine weitere, viel weniger glaukonitreiche Abteilung mit Bernstein lagert. Der Bernstein enthält vielerlei Inklusen von Tieren und Pflanzen; erstere sind meist Dipteren,

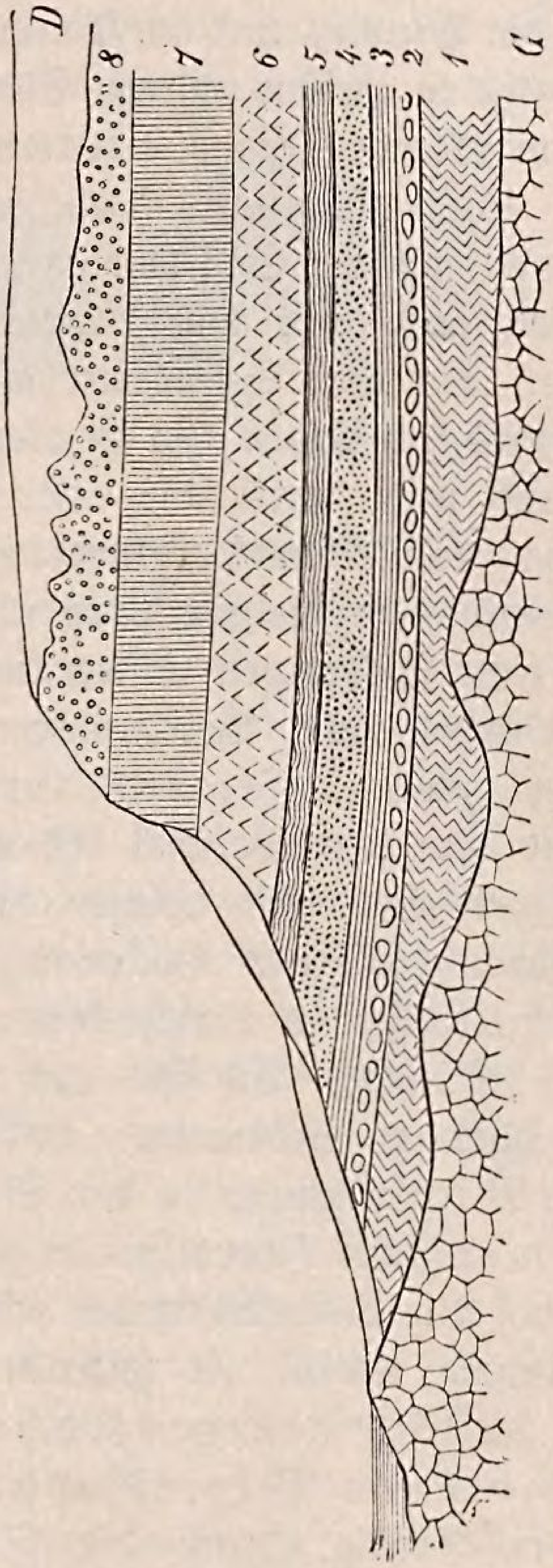


Fig. 144. Profil der Oligocänformation in der Gegend von Halle a. d. S. Nach *Laspeyres*. G Aelteres Gebirge (hier Porphyr) — 1 Kapselthon — 2 Knollensteinzone — 3 Unterflöz — 4 Stuben- oder Quarzsand — 5 Oberflöz (sämtlich oligocäne Braunkohlenformation) — 6 Magdeburger Sand — 7 Septarienthon — 8 Form- oder Glimmersand — D Diluvium.

Arachniden und Myriapoden, letztere gehören zumeist den Koniferen an, doch finden sich auch Reste von Laubbäumen (Eichen, Quercus Meyerianus *Ung.*). Das Bernstein genannte Harz haben wohl mehrere

Kiefernarten und Fichtenbäume (Pinus Engleri *Conwentz*) geliefert.

Das untere Oligocän schließt in Norddeutschland mit einer weiteren Braunkohlenbildung ab, die am Harzrand, in der Provinz und im Königreich Sachsen (Umgebung von Leipzig) in Hessen und im Samland ausgebildet ist.

Das mittlere Oligocän vertreten die marinen Rupelthone. Sie enthalten flache oder runde Mergelkalkkonkretionen, sogen. Septarien, weshalb man diese Ablagerungen auch mit dem Namen Septarienthone bezeichnet. Da aber Septarien auch in anderen Gebilden des Tertiärs sich finden, so ist diese Bezeichnung nicht ganz korrekt und muß durch die erstere ersetzt werden, welche A. v. Könen nach einem Lokalvorkommen dieser Ablagerungen von Rupelmonde in Belgien vorgeschlagen hat. Diese mitteloligocänen Bildungen führen viele Foraminiferen (Triloculina, Cristellaria), Pelecypoden, worunter als Leitfossil Leda Deshayesiana (Fig. 145, Gastropoden 2c. Die Rupelthone sind von der Weichsel bis nach Belgien hinein vielfach nachgewiesen, und reichen bis weit in den deutschen Süden hinein (Mainzer Becken 2c.), treten auch auf der cimbrischen Halbinsel an verschiedenen Orten auf (Schleswig-Holstein, Jütland). Es sind auf ruhigem, tiefem Meeresgrunde abgesetzte Sedimente. Lokale sandige Entwickelung zeigt das Mitteloligocän in den Stettiner Sanden.

Zum marinen Oberoligocän gehören die Schichten vom Doberg bei Bünde in Westfalen mit Terebratula grandis und Echinolampas Kleini als leitende Formen, die Kasseler Sande, die Sternberger Kuchen und die gleichalterigen oberoligocänen Meeressande der Mark und der angrenzenden Areale, dann die Thone und Sande von Wiepke, Lehrte, Krefeld, Neuß 2c.

Das Miocän und das Pliocän (Jungtertiär).

Zu den wichtigsten Miocänbildungen, die wir hier erwähnen wollen, zählt man die Ablagerungen des Wiener

Beckens, diejenigen des Mainzer Beckens und die Vorkommnisse im Norden Deutschlands. Es werden die dazu gehörigen Pliocänablagerungen zugleich damit erwähnt werden.

Das Wiener Becken. Zu unterst liegen die als Mediterranstufe zusammengefaßten Gebilde, marine sandige

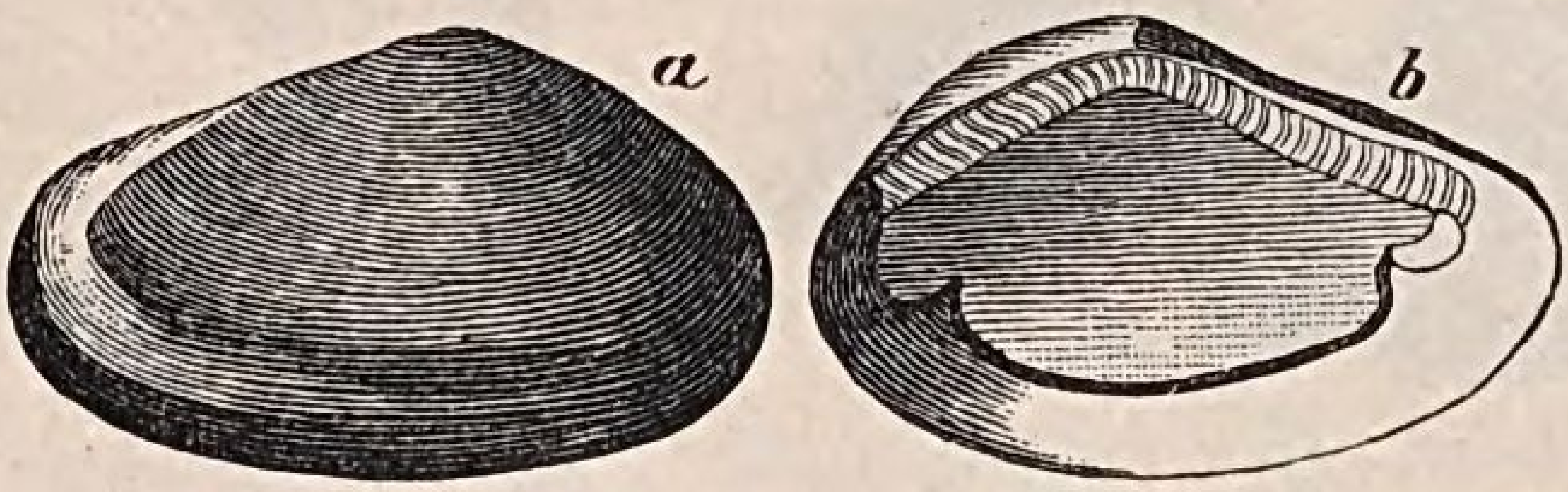


Fig. 145. Leda Deshayesiana *Duch.* Aus dem marinen Mitteloligocän.

und thonige Schichten, darunter eine Mergelart, Schlier genannt, und ein blauer, plastischer, glimmerreicher Thon mit Gipskrystallen, der Tegel. An der Zusammensetzung dieser Bildungen nimmt auch ein oftmals konglomeratartig werdender Kalkstein, der Leithakalk, teil. Von Versteinerungen sind zu nennen als besonders wichtig gewisse Kalkalgen, die Nulliporen (Lithothamnium, Fig. 146), welche den Leithakalk oftmals so sehr erfüllen, daß er zum Nulliporenkalk wird, und Foraminiferen in großer Artenzahl und Menge. Von besonderer Wichtigkeit ist hier Amphistegina Haueri *d'Orb.* (Fig. 147), die ebenfalls ganze Schichten des Leithakalkes zusammensetzt, den Amphisteginakalk. Daneben treten die verschiedensten Arten von Mollusken in diesen unteren Schichten auf.

Darüber folgt eine brackische Bildung, die Cerithienschichten und der Tegel von Hernals, zu oberst abschließend mit einer Thonbildung, dem Muscheltegel. Diese Ablagerungen, welche durch das massenhafte Vorkommen von Cerithium (Fig. 148), Tapes und Cardium charakterisiert werden, nennt man die sarmatische Stufe oder die sarmatische Tegelbildung. Auf derselben ruht eine pliocäne Brackwasserbildung, die Kongerienschichten, Sande und Gerölle mit Ueberresten von Pflanzen

(Pinus, Juglans, Quercus) und Säugetieren (Dinotherium, Mastodon, Rhinoceros etc.) und mit haufenweisem Vorkommen gewisser Mollusken, wie z. B. Cardium apertum

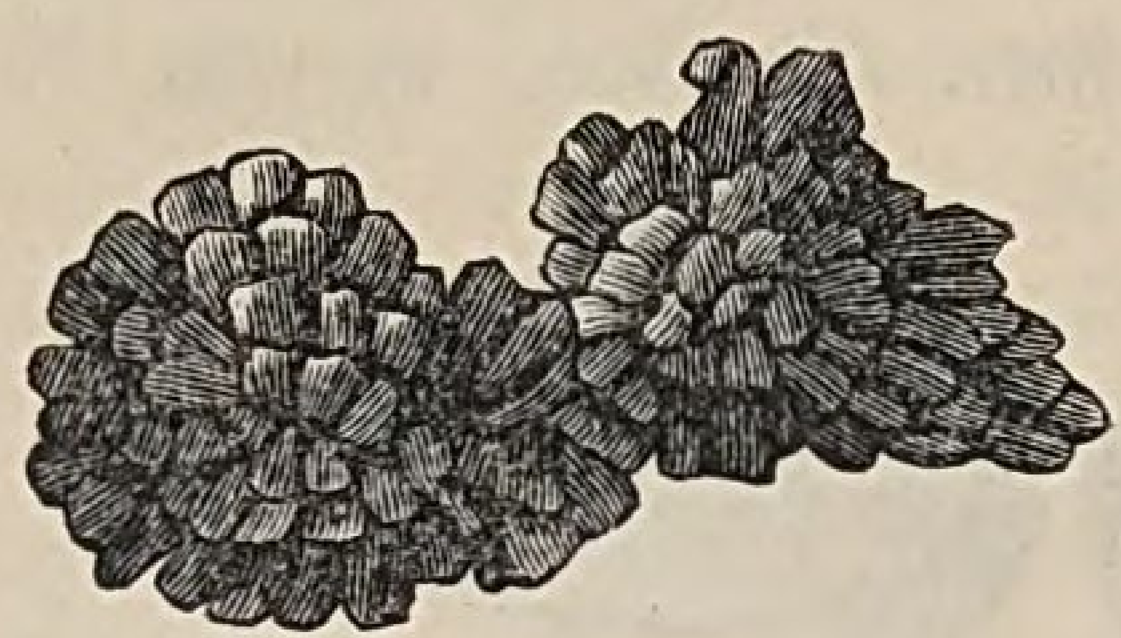


Fig. 146. Lithothamnium ramosissimum *Reuss* sp. Aus dem Miocän von Wien.

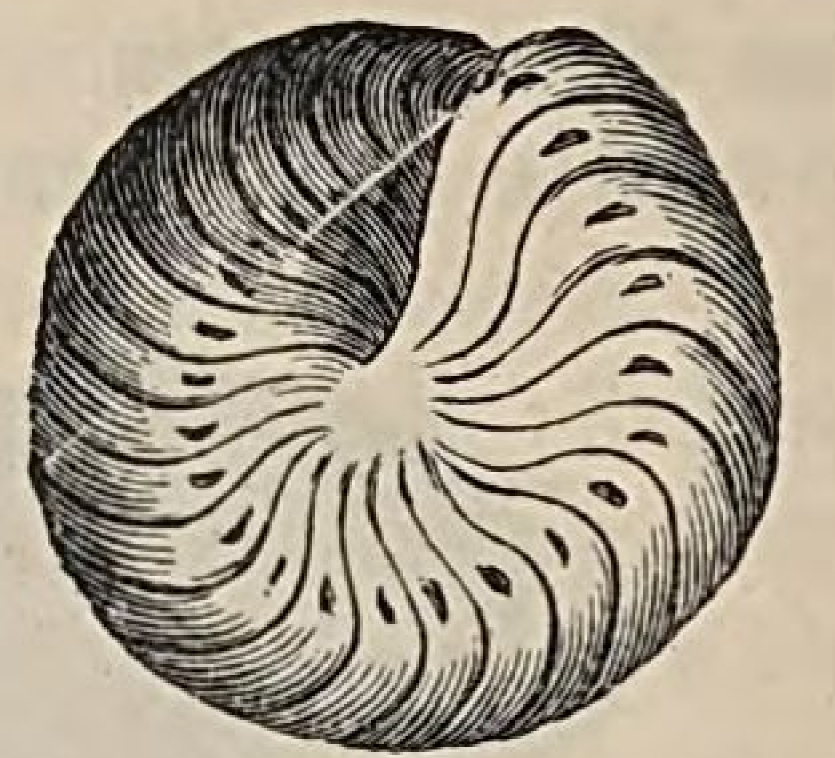


Fig. 147. Amphistegina Haueri *d'Orb.* Aus dem Miocän v. Wien.

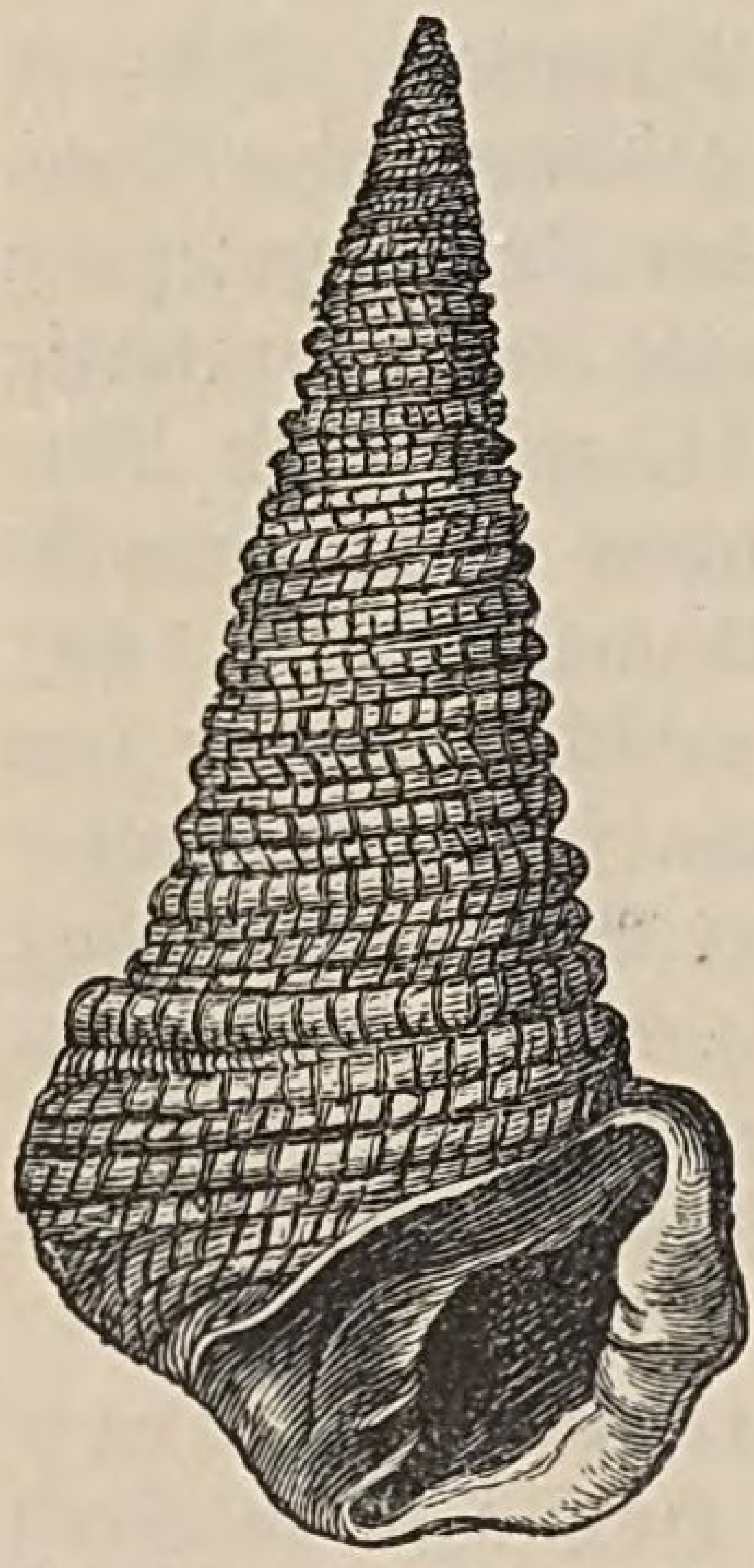


Fig. 148. Cerithium margaritaceum *Brocchi.* Aus dem Miocän von Wien.

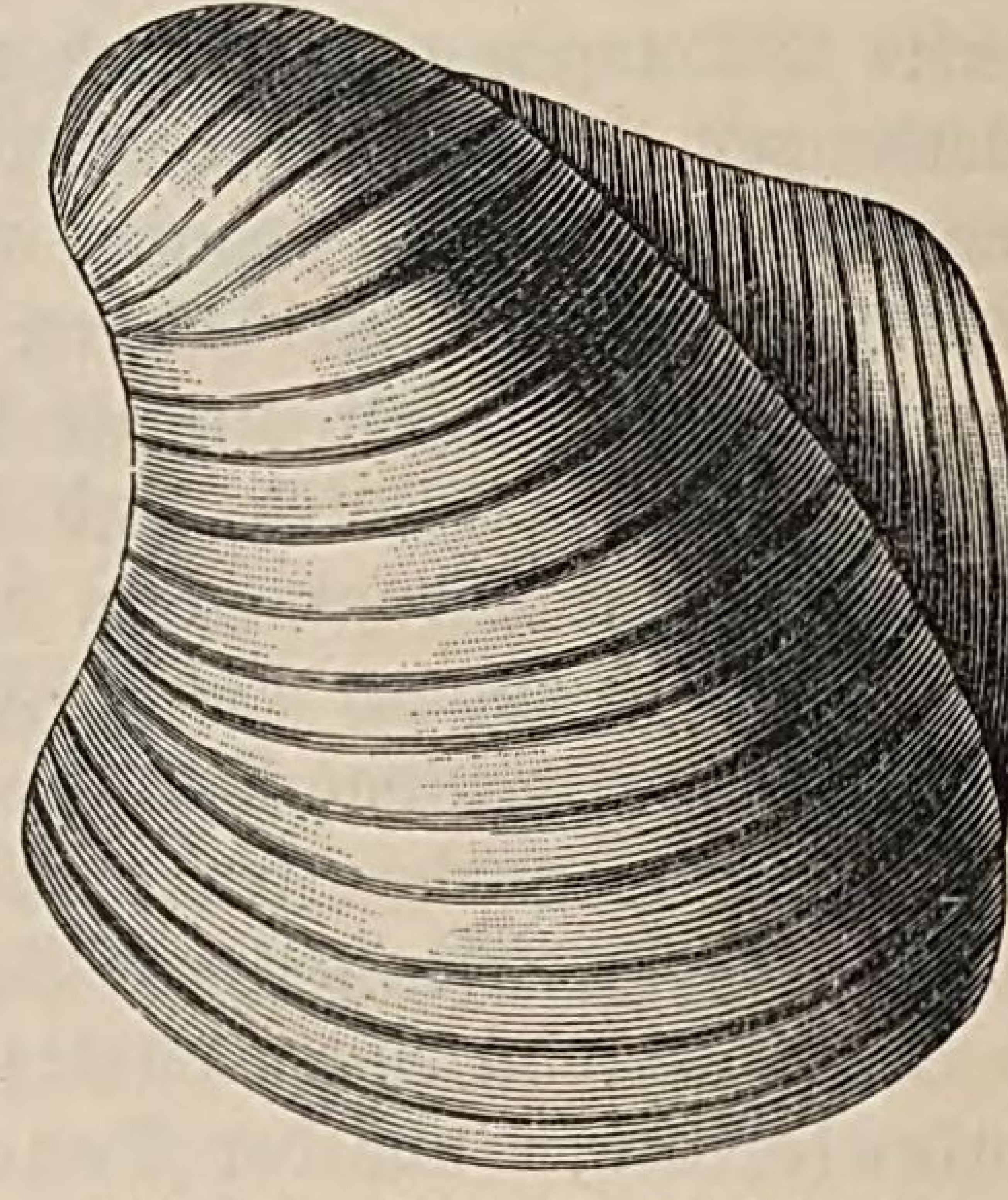


Fig. 149. Congeria subglobosa *Partsch.* Aus dem Pliocän von Wien.

Münst., Congeria subglobosa *Partsch* (Fig. 149), Melanopsis Martiniana *Fér.* Die Bildungen des Wiener Beckens schließen nach oben ab mit der Belvederestufe, Schotter- und Sandbildungen fluviatilen Ursprungs, mit Ueberresten

eingeschwemmter Schalen von Mollusken und Knochen von Säugetieren. Die jungtertiären Bildungen in Ungarn und Siebenbürgen, wie auch in Galizien sind reich an Steinsalzlagerstätten, darunter das bekannte Vorkommen von Wielizcka.

Das Mainzer Becken. Die tertiären Ablagerungen des Mainzer Beckens beginnen im Elsaß schon mit den eocänen Buchsweiler- und Melaniakalken, denen die sandigen, zum Teil petroleumführenden Gebilde (Lobsann) und Rupelthone aufgelagert sind, weiter nach Norden jedoch erst mit dem oligocänen Meeressande, darüber Rupelthone mit Leda Deshayesiana, darauf die Cyrenenmergel, und dann erst die untersten Miocänbildungen, die Blättersandsteine mit Cinnamomum, Sabal etc., die Cerithienkalke mit Cerithium cinctum und die Landschneckenkalke mit Pupa, Dreissena, Cyclostoma, Helix und anderen mehr. Darauf folgen die Korbiculaschichten mit Cerithium plicatum, C. margaritaceum und Corbicula Faujasi, darüber die Litorinellenkalke, oftmals mit plattenförmiger Absonderung und erfüllt von Litorinella (Hydrobia) acuta (Fig. 150). Hierher gehören die Braunkohlenbildungen der Wetterau (Salzhausen).



Fig. 150. Litorinella (Hydrobia) acuta *Drap* sp. Aus dem Miocän von Mainz.

Das Pliocän im Mainzer Becken ist hauptsächlich entwickelt als eine Flußablagerung, die sogenannten Sande von Eppelsheim, mit den Resten von vielen Säugetieren, darunter Dinotherium (Fig. 151), Rhinoceros, Mastodon (Fig. 152) 2c.

Zu den wichtigsten und zugleich jüngsten Miocänbildungen Norddeutschlands gehören die Glimmerthone Schleswig-Holsteins (Sylt, Langenfelde), Jütlands 2c., dann die Ablagerungen von Lübtheen in Mecklenburg, hier mit Braunkohlen, ferner die Braunkohlenlager der Mark Brandenburg, Mecklenburgs, Pommerns, Sachsens, der Lausitz, Hessens, des Niederrheins 2c.

Im südlichen Deutschland und in der Schweiz unterscheidet man drei wichtige neogene oder jungtertiäre Bildungen, die untere Süßwassermolasse (Blättersandsteine des Mainzer Beckens), die obere Meeresmolasse (helvetische Stufe, Schichten von St. Gallen), mit Mollusken und Haifischen (Turritella, Lamna), und schließlich die obere Süßwassermolasse, als deren interessantestes Glied wir die Oeninger

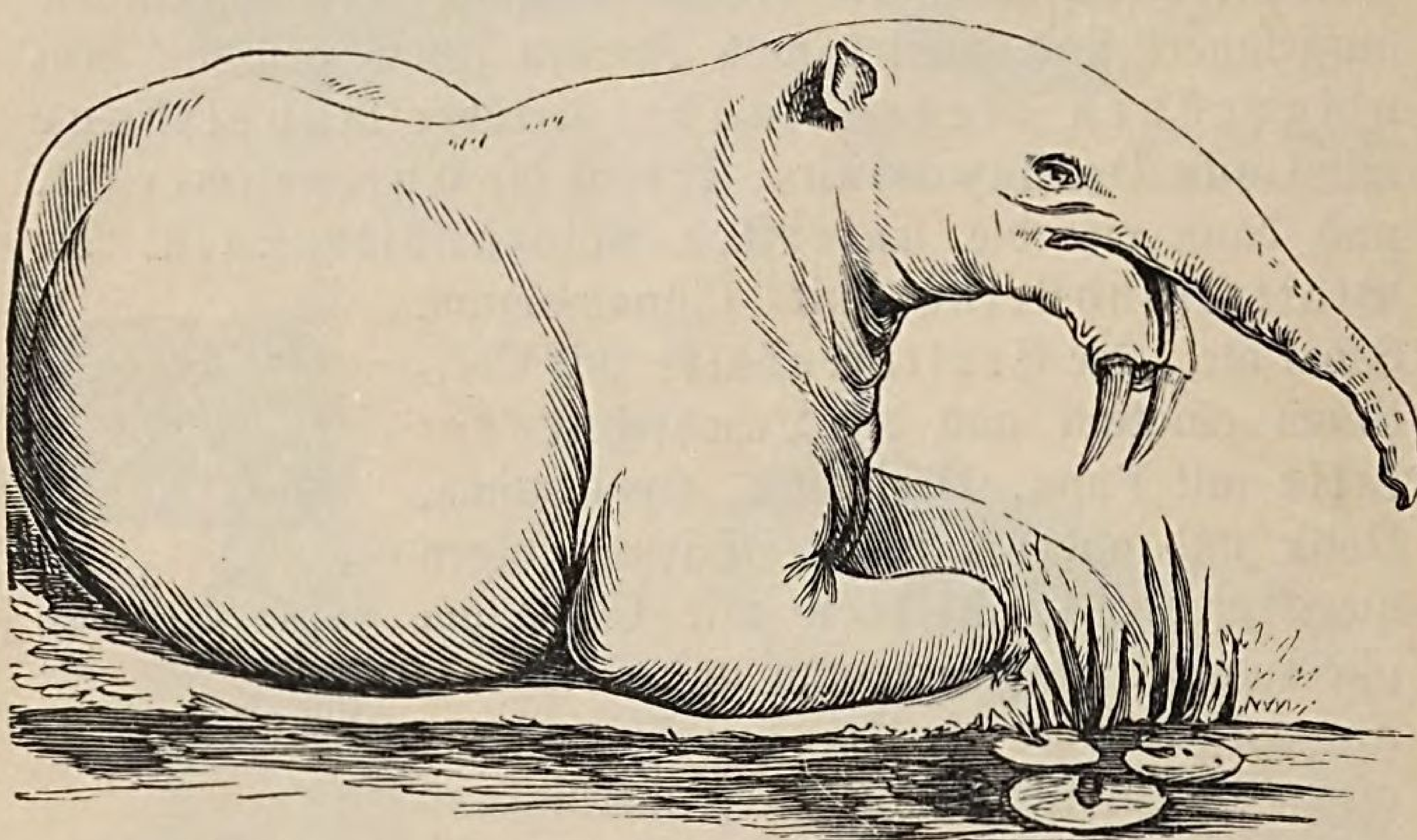


Fig. 151. Dinotherium giganteum *Kaup.* Aus dem Tertiär. (Restauriert.)

Schichten nennen mit einer reichen Flora, Populus mutabilis *Heer,* Acer trilobatum *Sternberg* (Fig. 153), Cinnamomum, und vielen Insekten und Wirbeltieren Leuciscus, Andrias Scheuchzeri, dem Riesensalamander, ehemals von Scheuchzer für den vorsintflutlichen Menschen, homo diluvii testis, gehalten.

Der Crag Englands ist eine teils fluviatile, teils marine pliocäne Thon- und Sandbildung, welche eine zum größten Teil mit heute noch lebenden Formen identische Molluskenfauna, auch einzelne Moor- und Torfablagerungen mit Ueberresten von Säugetieren (Forest beds) führt. Sie ver-

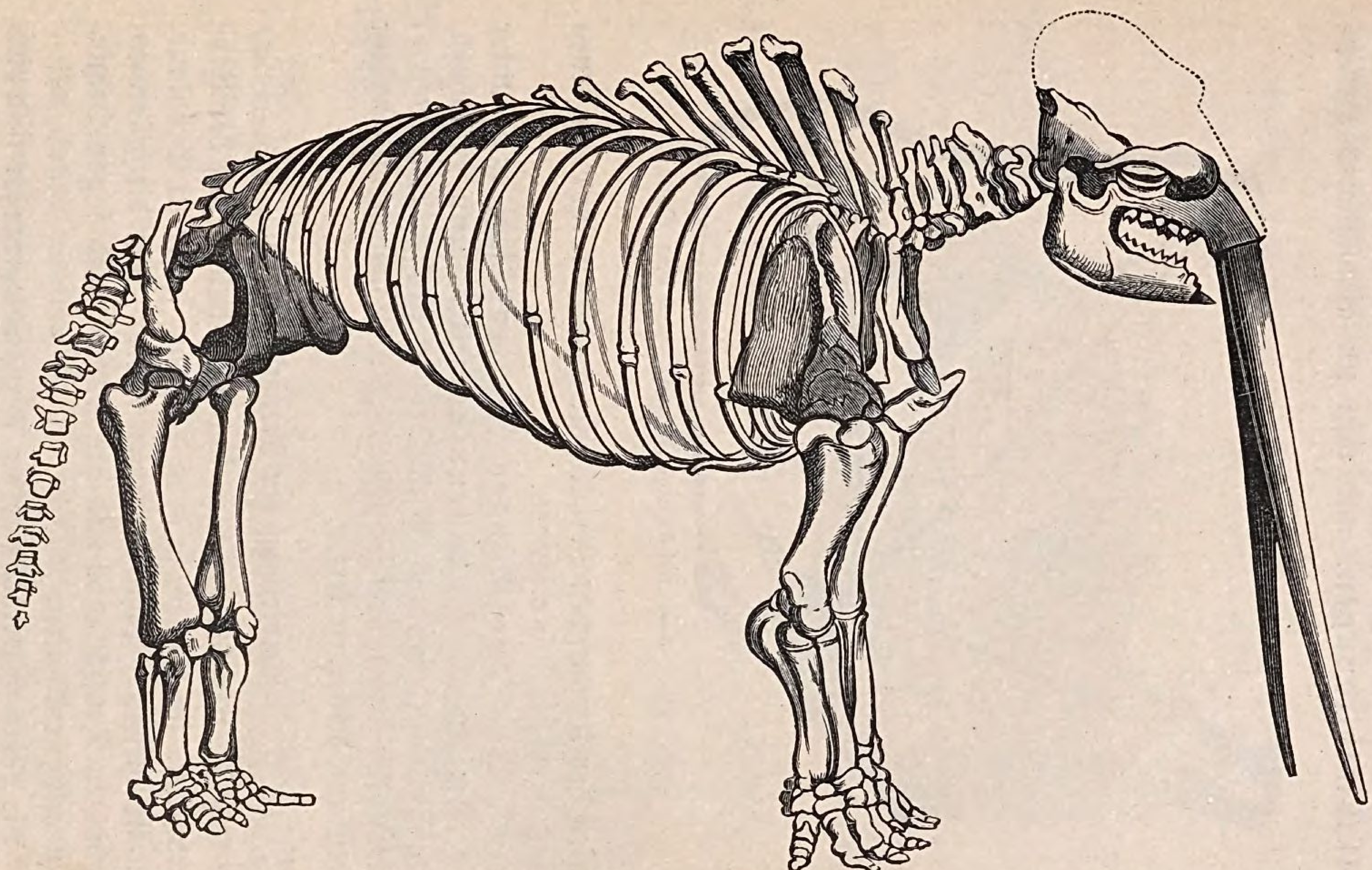


Fig. 152. Mastodon angustidens *Cuv.* Aus dem Tertiär von Asti. Nach *Queenstedt.*

mittelt den Uebergang zwischen den Tertiär- und den Diluvialbildungen, und läßt ein allmähliches Herab-

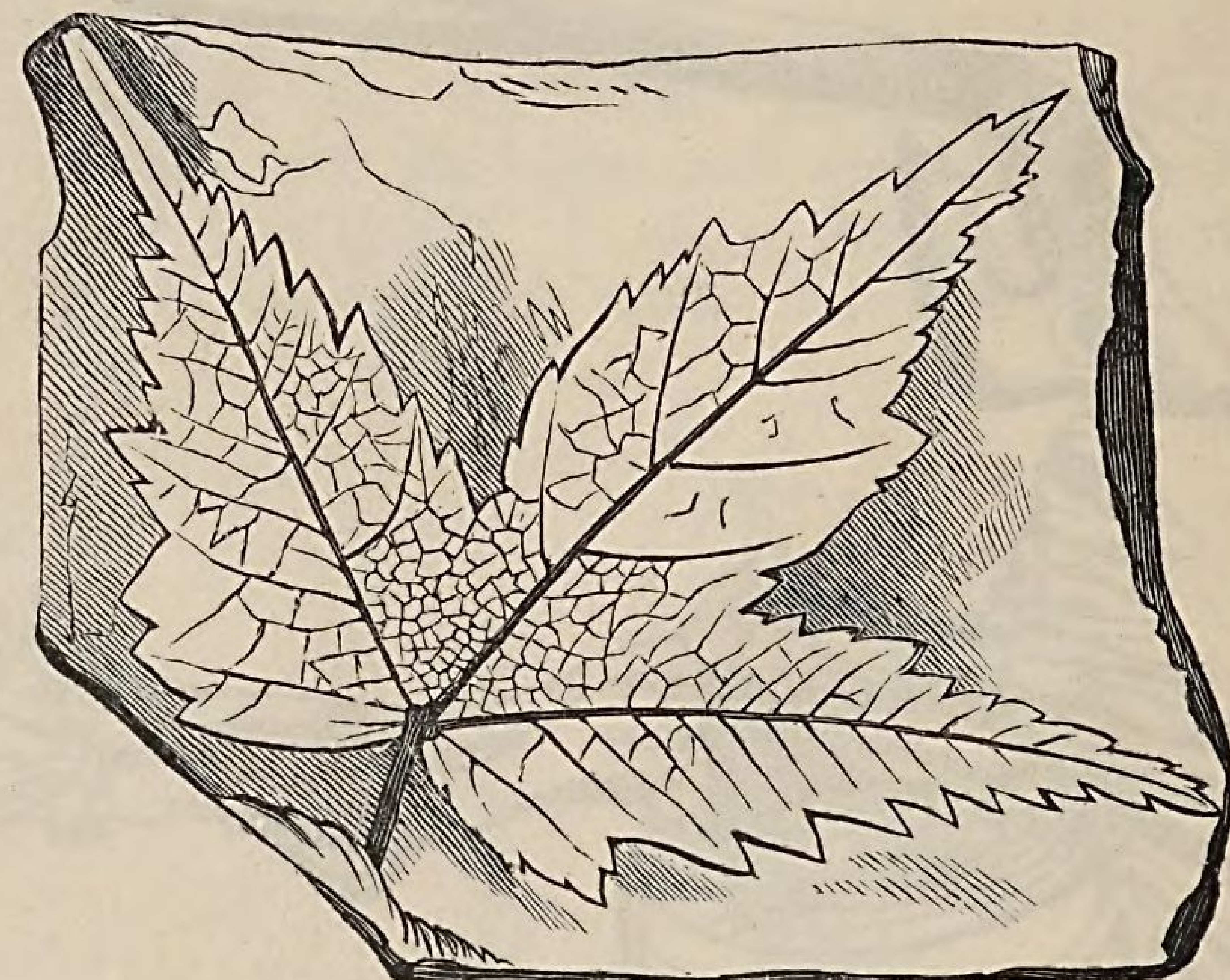


Fig. 153. Acer trilobatum *Sternbg.* Aus dem Miocän.

sinken der klimatischen Verhältnisse an den in ihr enthaltenen Mollusken deutlich erkennen.

Die Pliocänbildungen Italiens faßt man unter der Bezeichnung Subapenninenformation zusammen. Die Fauna (besonders Mollusken in großer Artenmenge) gleicht derjenigen des Mittelmeeres vollkommen und besteht meist aus denselben Arten.

Verbreitung der Tertiärformation.

Die Tertiärablagerungen sind allenthalben auf der Erde verbreitet, im Süden wie im Norden, sogar in Grönland, wo sie dieselben Pflanzenformen führen, wie die miocänen Schichten Deutschlands und der Schweiz und sogar Braunkohlenflöze enthalten.

Die Lagerungsverhältnisse der Tertiärablagerungen sind vielfach noch die ursprünglichen; oftmals sind die Tertiärschichten

aber mächtigen Faltungen, Hebungen, Senkungen und Verwerfungen unterworfen gewesen, wie z. B. in den Alpen,

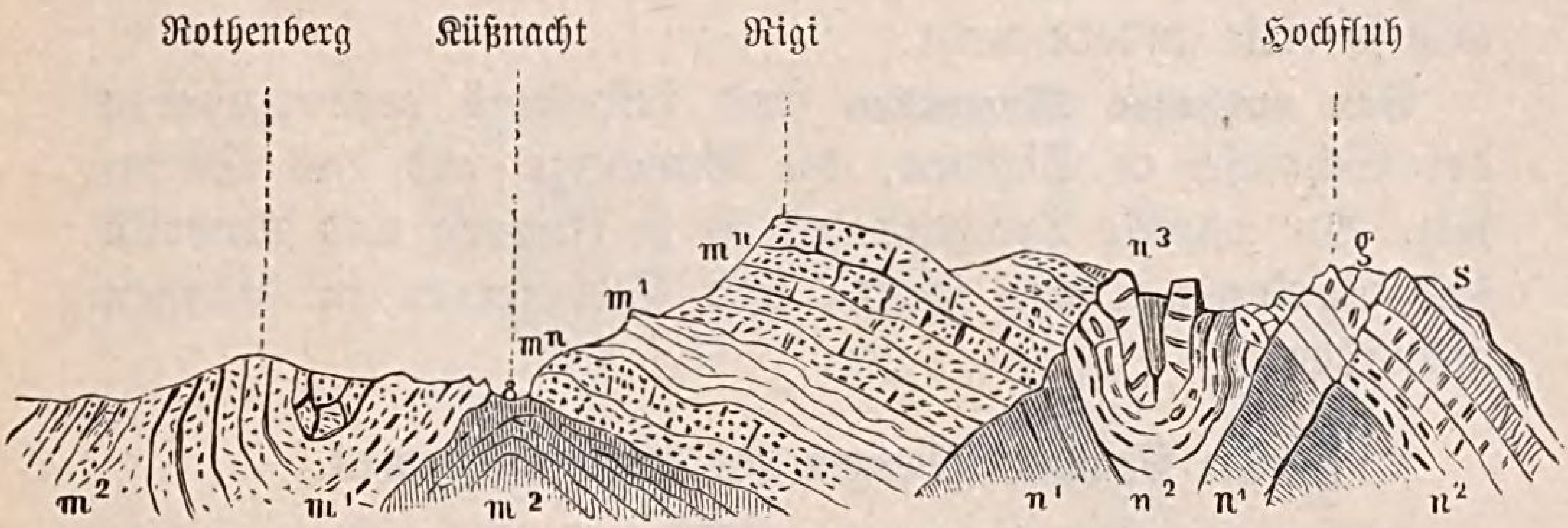


Fig. 154. Profil durch die Kreide- und Tertiärschichten der Voralpen am Vierwaldstättersee.

m¹ Aeltere Molasse — mn Molasse-Nagelfluh — m² Jüngere Molasse — n¹ Untere Neocomschichten — n² Obere Neocomschichten — n³ Kaprotinen- oder Schrattenkalk — g Gaultschichten — s Seewenschichten.

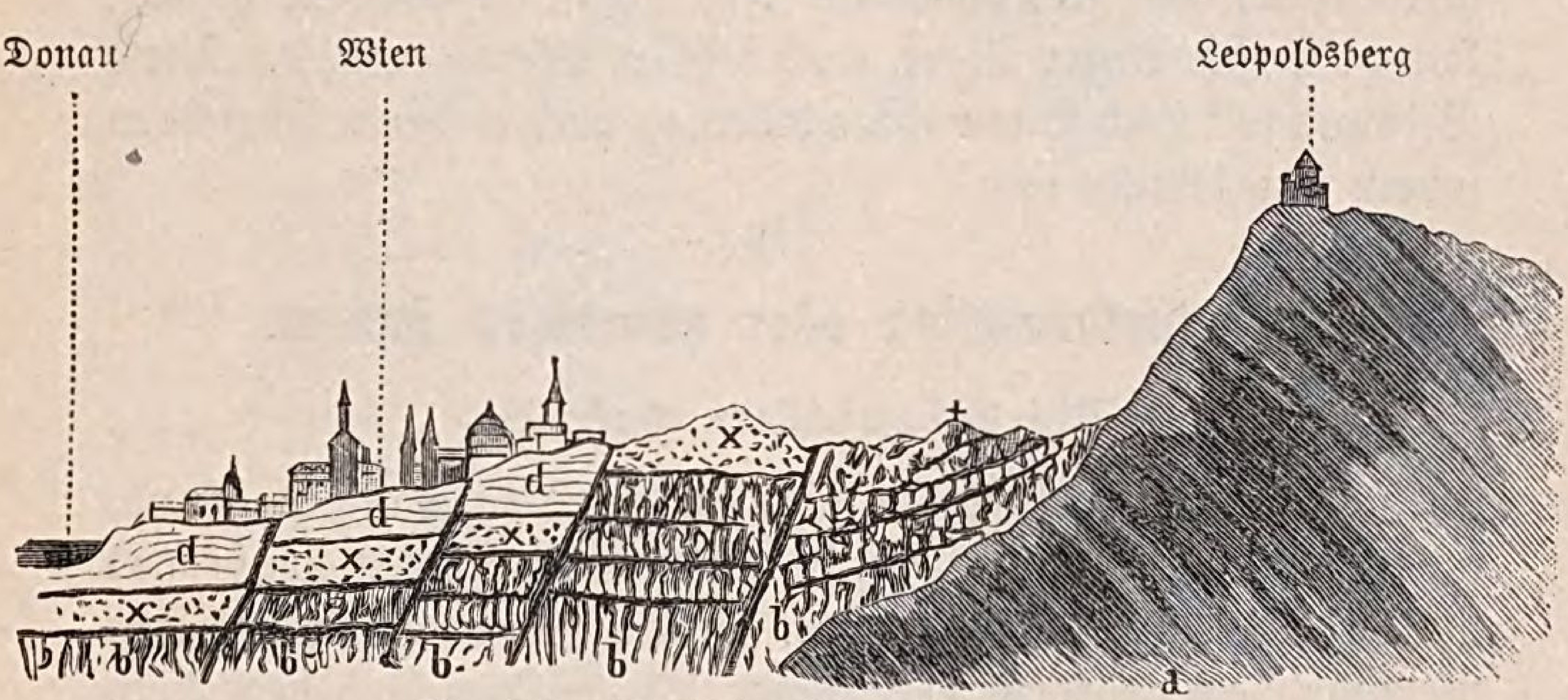


Fig. 155. Profil durch das Wiener Becken.

a Flysch oder Wiener Sandstein (zum Teil) — b Marine Tertiärschichten (zum Teil Leithakalk und Badener Tegel) — c Sarmatische Tertiärschichten (Cerithiensand und Tegel) — d Kongerienschichten (Ingersdorfer Tegel und Belvedereschotter).

in den Pyrenäen 2c., wie auch die vorstehenden Abbildungen zeigen (Fig. 154 und 155).

An Eruptivgesteinen ist die Tertiärformation reich; man bedenke nur die zahlreichen vulkanischen Gebilde, welche in jener Periode entstanden, so z. B. das Siebengebirge,

die Vulkane der Eifel, der Rhön und des Westerwaldes, des Hegaues, des Kaiserstuhles, des nördlichen Böhmens, Ungarns und Siebenbürgens, der Auvergne, Kataloniens und so viele andere mehr.

Von nutzbaren Mineralien sind besonders hervorzuheben der Schwefel in Sizilien, die Bohnerze und das Steinsalz. An gewisse Trachytarten ist in Ungarn und Amerika das Vorkommen von Gold- und Silbererzen in Gängen gebunden.

Die Pampasbildungen des Laplata-Stromes.

Der größte Teil der argentinischen Pampas ist von einer subärischen Bildung, unserem Löß ziemlich analog, dem Pampeano, bedeckt, der eine Menge Wirbeltierknochen, die Reste der von den Staubstürmen der Steppe begrabenen Riesentiere, wie Megatherium (Fig. 156), Glyptodon, katzen-, lama-, hirschartiger Tiere, auch fossiler Pferde enthält. Diese Bildung soll nach Burmeister diluvial, nach anderen Forschern jedoch jungtertiär sein.

Quartärformation oder quartäres System.

Die diluvialen Gebilde.

Die diluvialen Gebilde sind in Nordeuropa und Nordamerika zumeist das Produkt eines Driftmeeres sowie des Inlandeises und der Gletscher, welche in jener geologischen Periode den größten Teil dieser Länderkomplexe bedeckten. Sie bestehen aus Geröllen, Sanden, Grußen und sandigmergeligen, sowie thonigen Bildungen. Eine besonders interessante Bildung der Diluvialzeit ist der Löß (s. S. 38), der teils äolischer Provenienz ist, teils wohl in fließendem Wasser abgelagert wurde.

Die Flora und Fauna, deren Reste in den diluvialen Bildungen eingeschlossen sind, finden sich nicht immer auf primärer Lagerstätte, sondern sie sind oftmals durch andere Umstände in dieselbe gelangt. Man kennt in gewissen

Schichten der diluvialen Gebilde oder der Diluvialformation Süßwassermollusken, Landmollusken, Süßwasserfische, Säugetiere, marine Organismen und

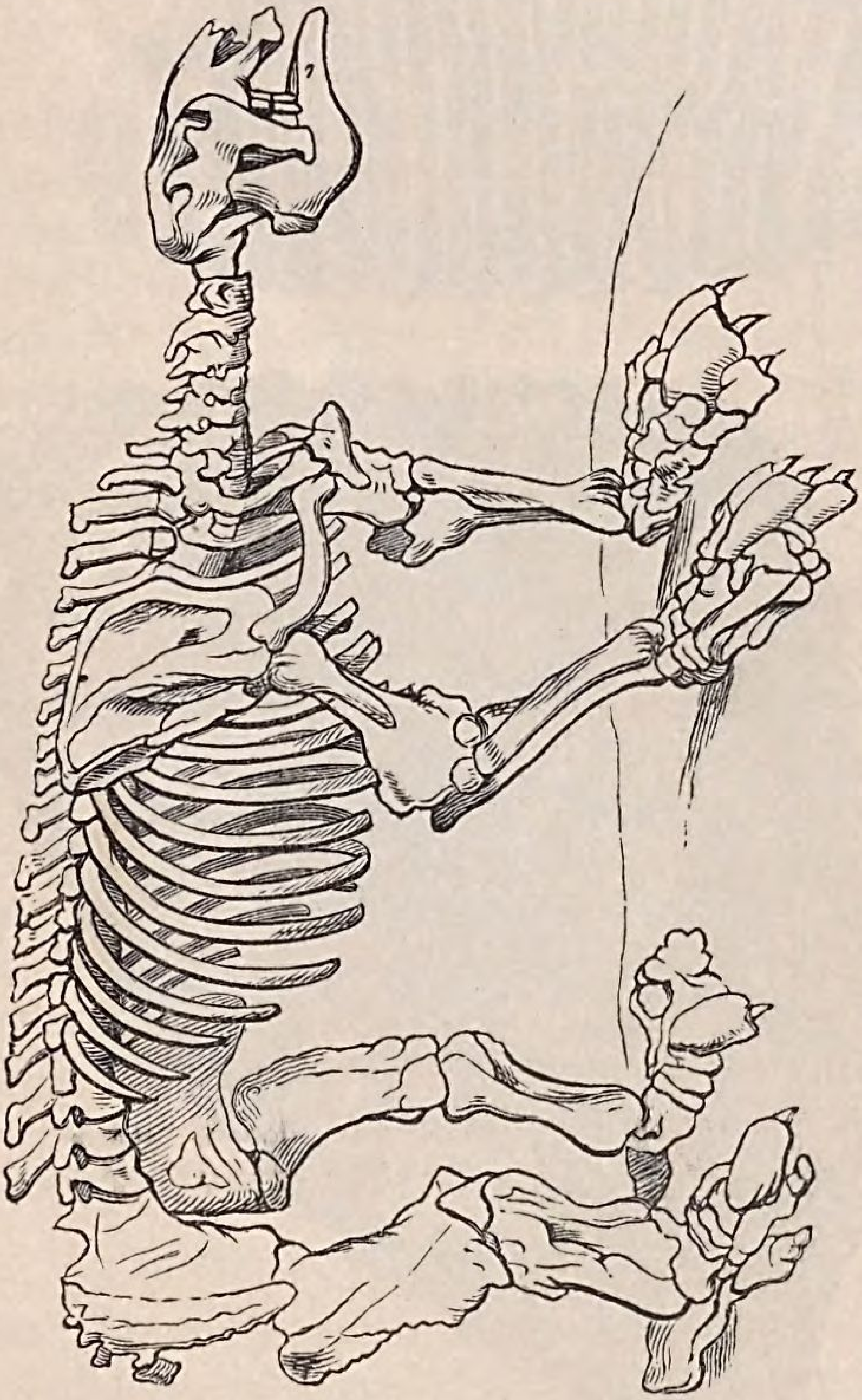


Fig. 156. Megatherium, Skelett; der Schwanz fehlt. Argentinische Pampas.

auch die Reste einer arktischen Flora. Von Süßwassermollusken ist als eines der wichtigsten Fossilien für die unteren diluvialen Bildungen Paludina diluviana zu nennen, von den Landmollusken verschiedene Arten

von Helix, von den marinen Mollusken Cardium edule, Cyprina islandica und Yoldia arctica, von den Säuge-

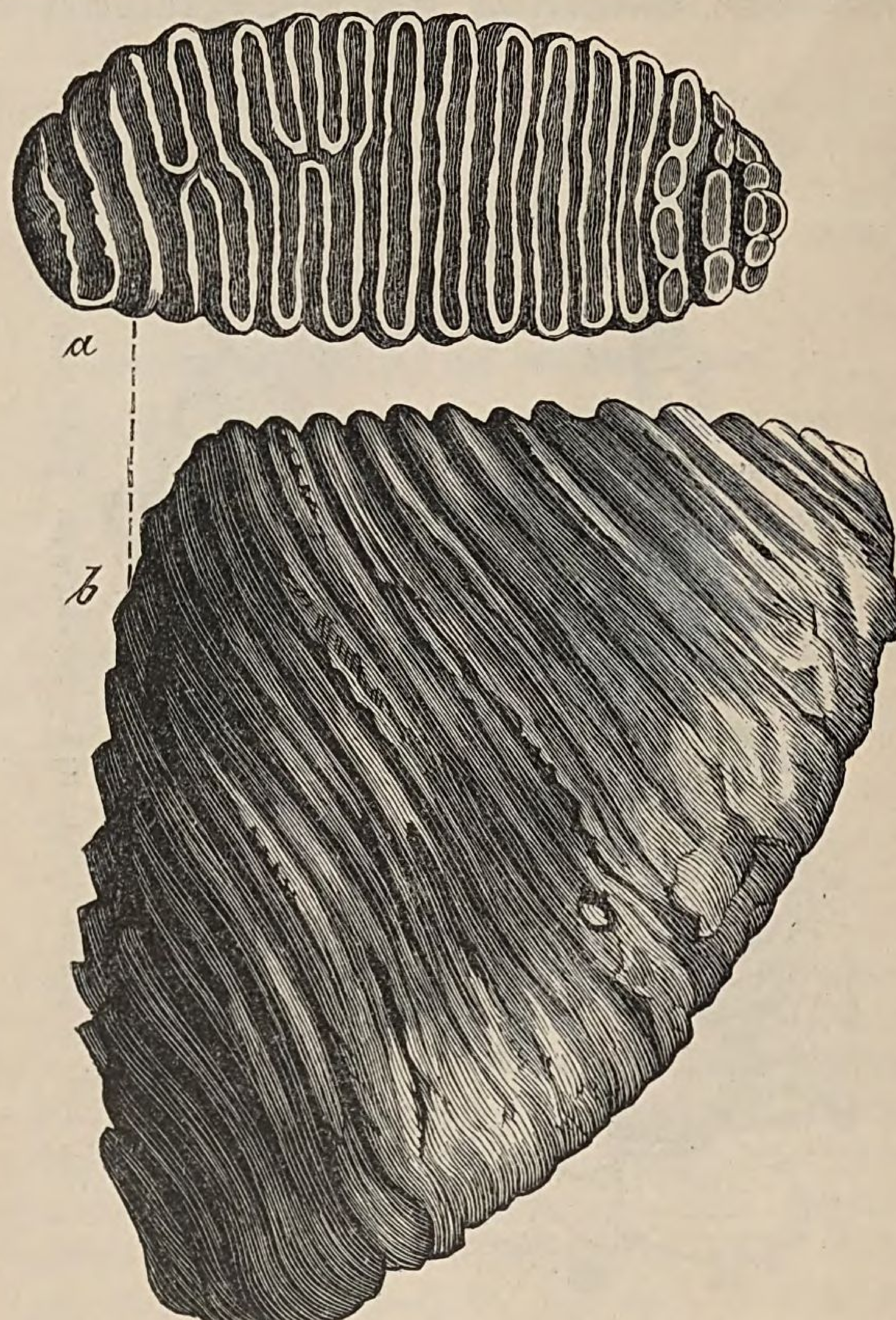


Fig. 157. Elephas primigenius *Blumenb.* Backenzahn mit abgerollten Wurzeln. a von oben — b von der Seite. Aus dem Diluvium.

tieren Elephas primigenius (Mammut, Fig. 157), Elephas antiquus, Rhinoceros tichorhinus, Bos primigenius, sowie

die Ueberreste von Ursus, Cervus etc. Von den Pflanzen kommen hauptsächlich drei Arten in Betracht, nämlich Salix polaris, Betula nana und Dryas octopetala. Auch Ueberreste von Fagus, Alnus, Acer etc. sind bekannt.

Die Gliederung der diluvialen Bildungen.

Die Gliederung der diluvialen Gebilde wechselt an den verschiedenen Orten und in den verschiedenen Gegenden sehr. Man unterscheidet in Deutschland im allgemeinen zwei (oder auch drei) sandig-mergelige Bildungen, den sogenannten oberen und den unteren Geschiebemergel oder Geschiebelehm, welche beide oftmals durch eine Sand- und Geröllbildung voneinander getrennt sind, den Diluvialsand, der lokal, so z. B. in Schleswig-Holstein, zahllose Bruchstücke von kleinen Mooskorallen (Bryozoen) führt, weshalb man denselben auch Korallensand oder Bryozoensand genannt hat. Auch als die untersten Gebilde der Diluvialformation treten solche grob- oder feinkörnigen Sandbildungen auf, lokal findet man ferner Thonbildungen &c., so die Cyprinenthone Schleswigs mit den zahllosen Resten von Cyprina islandica, den Glindower Thon &c. Diese unteren Glieder des Diluviums hat man als unteres Diluvium gegenüber den Geschiebemergeln und der sie trennenden Sandbildung, dem mittleren Diluvium, aufgefaßt. Die oberste diluviale Sandbildung, meist nur ein Auslaugungsprodukt des oberen Geschiebemergels, bezeichnet man als oberes Diluvium.

Die Entstehung der diluvialen Gebilde.

Ueber die Entstehung der diluvialen Gebilde existieren zwei Ansichten, zu deren Erläuterung vorher hier noch einiges über die Zusammensetzung dieser Ablagerungen selbst gesagt werden muß. Die meisten diluvialen Schichten, mit Ausnahme einiger weniger untergeordneter Glieder, der geschiebefreien Bildungen, führen eine Menge größerer und kleinerer Geschiebe, entweder noch scharf-

kantige Bruchstücke oder abgerollte Steine. Diese Geschiebe lassen oftmals eine Reihe von Kritzen und Schrammen auf ihrer Oberfläche erkennen (gekritzte und geschrammte Geschiebe). Ganz besonders reich an solchen sind die Geschiebemergelbildungen, während in den Sandbildungen die Geschiebe vielfach weit abgerundeter und geröllartiger sind. Diese sämtlichen Geschiebe und Gerölle sind nun fast durchweg fremden Ursprunges, und eine genauere Untersuchung derselben hat ergeben, daß es zumeist Stücke von Gesteinen sind, deren Heimat in nördlichen Regionen zu suchen ist und deren Anstehendes daselbst man größtenteils auch schon aufgefunden hat. So wissen wir von vielen in der norddeutschen Tiefebene verbreiteten Granitarten, daß sie aus Finnland stammen, manche Basalte und Diabase aus den ebenda vorkommenden Geschieben sind identisch mit solchen, die man anstehend in Skandinavien kennt, dasselbe gilt von vielen anderen Gesteinsarten, teils eruptiven, teils sedimentären Ursprunges, deren Herkunft aus Skandinavien, Finnland und den russischen Ostseeprovinzen man mit Sicherheit angeben kann. Untersucht man nun die Geschiebemergel genauer auf ihre Bestandteile, so findet man, daß dieselben auch nur solche zerkleinerte Bruchstücke desselben Gesteinsmaterials sind, aus welchem die Geschiebe selbst bestehen.

Es war nun lange die Frage, auf welche Weise wohl dieses gröbere und feinere Material in unsere Breiten gekommen ist. Aufschluß darüber haben uns die vielfachen Untersuchungen über die Gletscher der Alpen, ganz besonders aber diejenigen der glacialen Gebilde der nordarktischen Regionen gegeben, welche wir Männern wie Agassiz, Charpentier, Helland, Steenstrup, Torell und noch vielen anderen mehr verdanken. Während man früher nämlich annahm, die diluvialen Gebilde müßten in einem Ocean durch Treibeis zu uns gekommen sein, das mit solchen Geröllstücken beladen von den arktischen Regionen durch die Meeresströmungen massenhaft in unsere Breiten transportiert worden sei, wo-

selbst diese Eisberge dann schmolzen und ihre Last auf den Meeresboden niedersinken ließen, die Drifttheorie, ist man heutzutage aus den Verhältnissen, die man in den Nordpolarländern, ganz besonders in Grönland kennen gelernt hat, zur Ueberzeugung gelangt, daß diese diluvialen Bildungen nicht als die Fracht von solchen Eisbergen anzusehen seien, wohl aber als durch das Inlandeis, das ehemals in unseren Breiten eine großartige Entwickelung gehabt hat, hervorgerufene Erscheinungen. Die Geschiebemergel sind nun als die Grundmoränen dieses Inlandeises aufzufassen, die Sandbildungen jedoch die durch die Schmelzwasser des Inlandeises in der Abschmelzperiode hervorgerufenen Auslaugungsprodukte dieser Geschiebemergel. Einige wichtige Beweise für die eben erwähnten Anschauungen sind die folgenden: die identische Zusammensetzung der Grundmoränen der heutigen Gletscher und der Geschiebemergel, die gekritzten und geschrammten Geschiebe, Stauchungen im Untergrunde der Diluvialgebilde, Ritzen und Schrammen sowie Abschleifen der anstehenden Gesteine im Gebiete des Diluviums, die Riesentöpfe, die Sölle 2c. Doch darf hier nicht verschwiegen werden, daß nach der Meinung mancher Geologen die ältere Ansicht von dem Transport des diluvialen Materials durch Eisberge die einzig richtige ist. Die Wahrheit wird wohl in der Mitte liegen und man wird so manches auch auf Rechnung eines Driftmeeres setzen müssen, denn nur ein solches läßt eine plausible, vernünftige und mit den Forschungen der heutigen Gletscherkunde im Einklange stehende Erklärung gewisser Diluvialerscheinungen zu.

Diluviale Erscheinungen in den Alpen und anderen Gebirgen.

Aehnliche Vorgänge wie die eben geschilderten in Nordeuropa und im amerikanischen Norden griffen in den Alpen und in anderen europäischen Gebirgen, den deutschen Mittelgebirgen, dem Juragebirge, den Pyrenäen, den Karpathen 2c. Platz. Eine ganz gewaltige Ausdehnung nahmen in jener

Periode die alpinen Gletscher, die ihr diluviales Material überallhin zerstreuten und gewaltige Blöcke auf ihren Moränen mit sich führten, welche uns durch die Größe ihrer Dimensionen in gerechtes Erstaunen setzen. So sandte der Rheinthalgletscher seine Ausläufer bis nach Oberschwaben hinein, Spuren des Rhonethalgletschers findet man auf beträchtlicher Höhe im Juragebirge, der Innthalgletscher reichte bis in die Nähe von München.

Mehrmaliges Vor- und Zurückgehen der Gletscher und des Inlandeises in der diluvialen Periode.

Aus der Art und Weise der Aufeinanderfolge der diluvialen Gebilde hat man auf ein mehrfaches Vor- und Rückwärtsschreiten der Eismassen geschlossen; an einzelnen Orten und in einzelnen Ländern will man eine zweimalige oder gar dreimalige Vergletscherung nachgewiesen haben. Auch sollen schon in den Ablagerungen früherer geologischer Perioden die Beweise für frühere diluviale oder Eiszeiten gefunden worden sein und nach der Annahme einiger Gelehrten dürfte diejenige Eiszeit, der wir die Bildung der diluvialen Erscheinungen verdanken, kein zufälliges Phänomen, kein Schüttelfrost unserer Erde gewesen sein, sondern eine periodisch wiederkehrende Erscheinung.

Verbreitung der diluvialen Gebilde.

Diluviale Gebilde sind an den verschiedensten Punkten unserer Erde nachgewiesen worden. Ihr Charakter ist oftmals ein ganz lokaler.

Die Ursachen der Eiszeit.

Es sind darüber verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, deren wichtigste hier kurz angeführt werden mögen:

1. Ungleiche Verteilung der Wärme im Weltraume, wodurch es geschehen konnte, daß die Erde, wenn die Bahn unseres Sonnensystems einst eine besonders kalte Region durchlief, an ihrer Oberfläche besonders stark abgekühlt wurde.

2. Ungewöhnliche Aenderungen in der Lage der Erdachse, wodurch allerdings, wenn dergleichen möglich ist, die Verteilung der klimatischen Zustände auf der Erdoberfläche notwendigerweise sehr wesentlich umgestaltet werden müßte.

3. Wesentliche Aenderungen in der Verteilung von Land und Meer durch ausgedehnte Erhebungen oder Senkungen als Folgen vulkanischer Thätigkeit.

4. Die einstige Anwesenheit eines großen Wasserbeckens in der Saharadepression Afrikas, infolgedessen Europa von kühlen und feuchten Luftströmungen bestrichen wurde und nicht von den trockenen und warmen Föhnwinden u. s. f.

Die alluvialen oder rezenten Gebilde.

Dieselben bestehen aus kalkigen, sandigen oder thonigen Ablagerungen von Quellen, Flüssen, Landseen und Meeren, aus Raseneisenstein, Torf, Infusorienlagern, Korallenriffen, vulkanischem Tuff ꝛc., welche somit teils mechanischer, teils chemischer, teils organischer Natur sind. Die Verbreitung derselben ist eine sehr große, und sie bilden sich immerwährend an den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche und auf dem Meeresboden, überall entsprechend den lokalen Umständen. Sie enthalten die Ueberreste von jetzt noch lebenden Tier- und Pflanzenarten.

Fünfzehnter Abschnitt.

Das Erscheinen des Menschen auf der Erde.

Es steht heutzutage wohl fest, daß der Mensch in der Diluvialzeit, wenigstens in deren letztem Teile, schon auf der Erde gelebt hat, wie uns zahlreiche Funde im Löß, in diluvialen Mooren und in Höhlen bezeugen, die neben den Ueberresten einer echt diluvialen Fauna, neben Knochen vom Mammut, dem Höhlenbären ꝛc. Beweisstücke für die

Existenz des Menschen geliefert haben. Dahin gehören vor allem die von Fraas an der Schussenquelle bei Schussenried in Oberschwaben gemachten Funde. Unter diluvialen Ablagerungen fand sich daselbst eine sogenannte Kulturschicht, eine sandige, mit nordischen Moosarten und von menschlichen Händen angefertigten Gegenständen erfüllte Ablagerung. Zu den Höhlenfunden gehören besonders diejenigen, die man im Keßler Loche bei Thayingen unweit Schaffhausen machte, woselbst auch die ersten Spuren einer künstlerischen menschlichen Thätigkeit gefunden wurden, sowie diejenigen im Hohlefels in Schwaben, in der Räuberhöhle bei Regensburg, an verschiedenen Orten Frankreichs &c. Menschliche Skeletteile sind jedoch bis jetzt mit Ausnahme einiger zweifelhafter Ausgrabungen nur bei Abbeville in der Picardie und an wenigen anderen Orten gefunden worden.

Die Urahnen unseres heutigen Menschengeschlechts müssen auf einer äußerst primitiven Kulturstufe gestanden haben, wie die allerersten Werkzeuge und Gegenstände, die wir von ihnen kennen, beweisen. Erst waren es die mit starken Hauzähnen versehenen Kieferstücke reißender Tiere, die dem Menschen als Werkzeuge dienten, dann fingen dieselben an, Feuersteine zu behauen, und wenn diese Gegenstände aus der ersten Periode der Steinzeit uns auch primitiv erscheinen mögen, so verdienen die feinen Werkzeuge, welche der Mensch mit seltener Kunstfertigkeit in der zweiten Abteilung der Steinzeit, der jüngern Steinzeit, herzustellen verstand, und deren Anblick in den zahlreichen Museen und Altertumssammlungen uns heute noch in gerechtes Erstaunen versetzt, um so mehr Bewunderung. Man muß sich fragen, wie es einem die Metalle noch nicht kennenden Geschlechte wohl möglich war, aus dem spröden und harten Materiale Waffen und Werkzeuge herzustellen, die eben so fein zu arbeiten uns mit allen unseren Hilfsmitteln heutzutage kaum gelingen würde.

Nach der Steinzeit kam die Bronzezeit, nach dieser die Eisenzeit. Immer mehr vervollkommnet sich der

Mensch, und die Entwickelungsgeschichte unseres eigenen Geschlechts liefert uns den Beweis, daß alles organische Leben auf Erden immer fortschreitend vom Niedern zum Höhern strebt. Welch gewaltiger Abstand besteht doch zwischen dem Höhlenmenschen der Diluvialperiode, dessen einziges Werkzeug und Gewaffen die Kiefer wilder Tiere waren, und dem Kulturmenschen des neunzehnten Jahrhunderts, der die Natur bemeistert und bewältigt, der sich dieselbe dienstbar gemacht hat, zur Vermehrung seiner Macht, seines Wohlbefindens und seiner Genüsse!

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

Illustrierte Katechismen.

Belehrungen aus dem Gebiete der Wissenschaften, Künste und Gewerbe ꝛc.

In Originalleinenbänden.

Ackerbau, praktischer. Von Wilhelm Hamm. Dritte Auflage, gänzlich umgearbeitet von A. G. Schmitter. Mit 138 Abbildungen. 1890. 3 Mark.

Agrikulturchemie. Von Dr. E. Wildt. Sechste Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 3 Mark.

Alabasterschlägerei s. Liebhaberkünste.

Algebra, oder die Grundlehren der allgemeinen Arithmetik. Vierte Auflage, vollständig neu bearbeitet von Richard Schurig. 1895. 3 Mark.

Alters- und Invaliditätsversicherung. Von Georg Wengler. [U. d. Pr.]

Anstandslehre s. Ton, der gute.

Appretur s. Spinnerei.

Arbeiterversicherung s. Alters-, Invaliditäts-, Kranken- bez. Unfallversicherung.

Archäologie. Uebersicht über die Entwickelung der Kunst bei den Völkern des Altertums von Dr. Ernst Kroker. Mit 3 Tafeln und 127 Abbildungen. 1888. 3 Mark.

Archivkunde s. Registratur.

Arithmetik. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Rechenkunst für Lehrende und Lernende von E. Schick. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Max Meyer. 1889. 3 Mark.

Aesthetik. Belehrungen über die Wissenschaft vom Schönen und der Kunst von Robert Prölß. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 3 Mark.

Astronomie. Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender von Dr. Hermann J. Klein. Achte, vielfach verbesserte Auflage. Mit einer Sternkarte und 163 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Aetzen s. Liebhaberkünste.

Aufsatz, schriftlicher, s. Stilistik.

Auswanderung. Kompaß für Auswanderer nach europäischen Ländern, Asien, Afrika, den deutschen Kolonien, Australien, Süd- und Zentralamerika, Mexiko, den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Siebente Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Gustav Meinecke. Mit 4 Karten und einer Abbildung. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Bankwesen. Von Dr. E. Gleisberg. Mit 4 Checkformularen und einer Uebersicht über die deutschen Notenbanken. 1890. 2 Mark.

Baukonstruktionslehre. Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten. Von W. Lange. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 343 und 1 Tafel Abbildungen. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Baustile, oder Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Zwölfte Auflage. Mit 103 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Beleuchtung s. Heizung.

Bergbaukunde. Von G. Köhler. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 224 Abbildungen. 1898. 4 Mark.

Bergsteigen. — Katechismus für Bergsteiger, Gebirgstouristen und Alpenreisende von Julius Meurer. Mit 22 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Bewegungsspiele für die deutsche Jugend. Von J. C. Lion und J. H. Wortmann. Mit 29 Abbildungen. 1891. 2 Mark.
Bibliothekslehre mit bibliographischen und erläuternden Anmerkungen. Neubearbeitung von Dr. Julius Petzholdts Katechismus der Bibliothekenlehre von Dr. Arnim Gräsel. Mit 33 Abbildungen und 11 Schrifttafeln. 1890. 4 Mark 50 Pf.
Bienenkunde und Bienenzucht. Von G. Kirsten. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von J. Kirsten. Mit 51 Abbildungen. 1887. 2 Mark.
Bildhauerei für den kunstliebenden Laien. Von Rudolf Maison. Mit 63 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
Bleicherei s. Wäscherei ꝛc.
Blumenzucht s. Ziergärtnerei.
Börsen- und Bankwesen. Auf Grund der Bestimmungen des neuen Börsen- und Depotgesetzes bearbeitet von Georg Schweitzer. 1897. 2 Mark 50 Pf.
Bossieren s. Liebhaberkünste.
Botanik, allgemeine. Zweite Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Dr. E. Dennert. Mit 260 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Botanik, landwirtschaftliche. Von Karl Müller. Zweite Auflage, vollständig umgearbeitet von R. Herrmann. Mit 4 Tafeln und 48 Abbildungen. 1876. 2 Mark.
Brandmalerei s. Liebhaberkünste.
Briefmarkenkunde und Briefmarkensammelwesen. Von V. Suppantschitsch. Mit 1 Porträt und 7 Textabbildungen. 1895. 3 Mark
Bronzemalerei s. Liebhaberkünste.
Buchdruckerkunst. Von A. Waldow. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 43 Abbildungen und Tafeln. 1894. 2 Mark 50 Pf
Buchführung, kaufmännische. Von Oskar Klemich. Fünfte, durchgesehene Auflage. Mit 7 Abbildungen und 3 Wechselformularen. 1895. 2 Mark 50 Pf.
Buchführung, landwirtschaftliche. Von Prof. Dr. K. Birnbaum. 1879. 2 Mark.
Bürgerliches Gesetzbuch s. Gesetzbuch.
Chemie. Von Prof. Dr. H. Hirzel. Siebente, vermehrte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1894. 4 Mark.
Chemikalienkunde. Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Von Dr. G. Heppe. 1880. 2 Mark.
Chronologie. Mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten von Dr. Adolf Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. 1881. 1 Mark 50 Pf.
Correspondance commerciale par J. Forest. D'après l'ouvrage de même nom en langue allemande par C. F. Findeisen. 1895. 3 Mark 50 Pf.
Dampfkessel, Dampfmaschinen und andere Wärmemotoren. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 268 Abbildungen und 13 Tafeln. 1897. 4 Mark 50 Pf.
Darwinismus. Von Dr. Otto Zacharias. Mit dem Porträt Darwins, 30 Abbildungen und 1 Tafel. 1892. 2 Mark 50 Pf.
Delftermalerei s. Liebhaberkünste.
Differential- und Integralrechnung. Von Franz Bendt. Mit 39 Figuren. 1896. 3 Mark.
Dogmatik. Von Prof. Dr. Georg Runze. 1897. 4 Mark.
Drainierung und Entwässerung des Bodens. Von Dr. William Löbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen. 1881. 2 Mark.
Dramaturgie. Von Robert Prölß. 1877. 3 Mark.
Droguenkunde. Von Dr. G. Heppe. Mit 30 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.
Einjährig-Freiwillige. — Der Weg zum Einjährig-Freiwilligen und zum Offizier des Beurlaubtenstandes in Armee und Marine. Von Oberstlieutenant z. D. Moritz Exner. Zweite Auflage. 1897. 2 Mark.
Eissegeln und Eisspiele s. Wintersport.
Elektrochemie. Von Dr. Walther Löb. Mit 43 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 256 Abbildungen. 1896. 4 Mark 50 Pf.
Entwässerung s. Drainierung.
Ethik. Von Friedrich Kirchner. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. 1898. 3 Mark.
Familienhäuser s. Villen.
Farbenlehre. Von Ernst Berger. Mit 40 Abbildungen und 8 Farbentafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.
Färberei und Zeugdruck. Von Dr. Hermann Grothe. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 78 Abbildungen. 1885. 2 Mark 50 Pf.
Farbwarenkunde. Von Dr. G. Heppe. 1881. 2 Mark.
Feldmeßkunst. Von Dr. C. Pietsch. Sechste Auflage. Mit 75 in den Text gedruckten Abbildungen. 1897. 1 Mark 80 Pf.
Feuerwerkerei s. Lustfeuerwerkerei.
Finanzwissenschaft. Von Alois Bischof. Sechste, verbesserte Auflage. 1898. 2 Mark.
Fischzucht, künstliche, und Teichwirtschaft. Wirtschaftslehre der zahmen Fischerei von E. A. Schroeder. Mit 52 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
Flachsbau und Flachsbereitung. Von K. Sonntag. Mit 12 Abbildungen. 1872. 1 Mark 50 Pf.
Fleischbeschau s. Trichinenschau.
Flöte und Flötenspiel. Ein Lehrbuch für Flötenbläser von Maximilian Schwedler. Mit 22 Abbild. und vielen Notenbeispielen. 1897. 2 Mark 50 Pf.
Forstbotanik. Von H. Fischbach. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Freimaurerei. Von Dr. Willem Smitt. 1891. 2 Mark.
Galvanoplastik und Galvanostegie. Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt von G. Seelhorst. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. G. Langbein. Mit 43 Abbildungen. 1888. 2 Mark.
Gartenbau s. Nutz-, Zier-, Zimmergärtnerei und Rosenzucht.
Gebärdensprache s. Mimik.
Gedächtniskunst oder Mnemotechnik. Von Hermann Kothe. Achte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. G. Pietsch. 1897. 1 Mark 50 Pf.
Geflügelzucht. Ein Merkbüchlein für Liebhaber, Züchter und Aussteller schönen Rassegeflügels von Bruno Dürigen. Mit 40 Abbildungen und 7 Tafeln. 1890. 4 Mark.
Gemäldekunde. Von Dr. Th. v. Frimmel. Mit 28 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.
Gemüsebau s. Nutzgärtnerei.
Geographie. Vierte Auflage, gänzlich umgearbeitet von Karl Arenz. Mit 57 Karten und Ansichten. 1884. 2 Mark 40 Pf.
Geographie, mathematische. Zweite Auflage, umgearbeitet und verbessert von Dr. Hermann J. Klein. Mit 113 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Geologie. Von Dr. Hippolyt Haas. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit Abbildungen. 1898. [Unter der Presse.]
Geometrie, analytische. Von Dr. Max Friedrich. Mit 56 Abbildungen. 1884. 2 Mark 40 Pf.
Geometrie, ebene und räumliche. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen. 1892. 3 Mark.
Gesangskunst. Von F. Sieber. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Geschichte, allgemeine, s. Weltgeschichte.
Geschichte, deutsche. Von Wilhelm Kentzler. 1879. Kartoniert 2 Mark 50 Pf.
Gesetzbuch, Bürgerliches, nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Gesetzgebung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.

Gesundheitslehre, naturgemäße, auf physiologischer Grundlage. Siebzehn Vorträge von Dr. Fr. Scholz. Mit 7 Abbildungen. 1884. 3 Mark 50 Pf.
(Unter gleichem Titel auch Band 20 von Webers Illustr. Gesundheitsbüchern.)
Girowesen. Von Karl Berger. Mit 21 Formularen. 1881. 2 Mark.
Glasmalerei s. Porzellanmalerei und Liebhaberkünste.
Glasradieren s. Liebhaberkünste.
Gobelinmalerei s. Liebhaberkünste.
Gravieren s. Liebhaberkünste.
Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 2 Mark.
Handelsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Mit 66 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
Handelsrecht, deutsches, nach dem Allgemeinen Deutschen Handelsgesetzbuche von Robert Fischer. Dritte, umgearbeitete Auflage. 1885. 1 Mark 50 Pf.
Handelswissenschaft. Von K. Arenz. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Gust. Rothbaum und Ed. Deimel. 1890. 2 Mark.
Heerwesen, deutsches. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Moritz Exner. Mit 7 Abbildungen. 1896. 3 Mark.
Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Von Th. Schwartze. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Heraldik. Grundzüge der Wappenkunde von Dr. Ed. Freih. v. Sacken. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 215 Abbildungen. 1893. 2 Mark.
Holzmalerei, -schlägerei s. Liebhaberkünste.
Hornschlägerei s. Liebhaberkünste.
Hufbeschlag. Zum Selbstunterricht für jedermann. Von E. Th. Walther. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 Abbildungen. 1889. 1 Mark 50 Pf.
Hunderassen. Von Franz Krichler. Mit 42 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Hüttenkunde, allgemeine. Von Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbildungen. 1877. 4 Mark 50 Pf.
Jagdkunde. — Katechismus für Jäger und Jagdfreunde von Franz Krichler. Mit 33 Abbildungen. 1891. 2 Mark 50 Pf.
Intarsiaschnitt s. Liebhaberkünste.
Integralrechnung s. Differential- und Integralrechnung.
Invaliditätsversicherung s. Altersversicherung.
Kalenderkunde. Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste von O. Freih. von Reinsberg-Düringsfeld. Mit 2 Tafeln. 1876. 1 Mark 50 Pf.
Kellerwirtschaft s. Weinbau.
Kerbschnitt s. Liebhaberkünste.
Kindergärtnerei, praktische. Von Fr. Seidel. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1887. 1 Mark 50 Pf.
Kirchengeschichte. Von Friedr. Kirchner. 1880. 2 Mark 50 Pf.
Klavierspiel. Von Fr. Taylor. Deutsche Ausgabe von Math. Stegmayer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1893. 2 Mark.
Knabenhandarbeit. Ein Handbuch des erziehlichen Arbeitsunterrichts von Dr. Woldemar Götze. Mit 69 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Kompositionslehre. Von J. C. Lobe. Sechste Auflage. Mit vielen Musikbeispielen. 1895. 2 Mark.
Korkarbeit s. Liebhaberkünste.
Korrespondenz, kaufmännische, in deutscher Sprache. Von C. F. Findeisen. Fünfte, vermehrte Auflage, zum dritten Male bearbeitet von Franz Hahn. 1898. 2 Mark 50 Pf.
—— —— in französischer Sprache s. Correspondance commerciale.
Kostümkunde. Von Wolfg. Quincke. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 459 Kostümfiguren in 152 Abbildungen. 1896. 4 Mark 50 Pf.
Krankenversicherung. Von Georg Wengler. [Unter der Presse.]
Kriegsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Mit 126 Abbild. 1890. 3 Mark.
Kulturgeschichte. Von J. J. Honegger. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 2 Mark.

Kunstgeschichte. Von Bruno Bucher. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 276 Abbildungen. 1895. 4 Mark.
Lederschnitt s. Liebhaberkünste.
Liebhaberkünste. Von Wanda Friedrich. Mit 250 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Litteraturgeschichte, allgemeine. Von Dr. Ad. Stern. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1892. 3 Mark.
Litteraturgeschichte, deutsche. Von Dr. Paul Möbius. Siebente, verbesserte Auflage von Dr. Gotthold Klee. 1896. 2 Mark.
Logarithmen. Von Max Meyer. Mit 3 Tafeln und 7 Abbildungen. 1880. 2 Mark.
Logik. Von Friedr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 36 Abbildungen. 1890. 2 Mark 50 Pf.
Lustfeuerwerkerei. Kurzer Lehrgang für die gründliche Ausbildung in allen Teilen der Pyrotechnik von C. A. von Nida. Mit 124 Abbildungen. 1883. 2 Mark.
Malerei. Von Karl Raupp. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 50 Abbildungen und 4 Tafeln. 1898. 3 Mark.
——— s. auch Liebhaberkünste.
Marine s. Handels- bez. Kriegsmarine.
Markscheidekunst. Von O. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Mechanik. Von Ph. Huber. Sechste Auflage, den Fortschritten der Technik entsprechend neu bearbeitet von Walther Lange. Mit 196 Abbildungen. 1897. 3 Mark 50 Pf.
Metallätzen, -schlagen, -treiben s. Liebhaberkünste.
Meteorologie. Von Prof. Dr. W. J. van Bebber. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
Mikroskopie. Von Prof. Carl Chun. Mit 97 Abbildungen. 1885. 2 Mark.
Milchwirtschaft. Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 Abbildungen. 1884. 3 Mark.
Mimik und Gebärdensprache. Von Karl Skraup. Mit 60 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
Mineralogie. Von Dr. Eugen Hussak. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 154 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Münzkunde. Von H. Dannenberg. Mit 11 Tafeln Abbildungen. 1891. 4 Mark.
Musik. Von J. C. Lobe. Sechsundzwanzigste Auflage. 1896. 1 Mark 50 Pf.
Musikgeschichte. Von R. Musiol. Mit 15 Abbildungen und 34 Notenbeispielen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.
Musikinstrumente. Von Richard Hofmann. Fünfte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 189 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
Musterschutz s. Patentwesen.
Mythologie. Von Dr. E. Kroker. Mit 73 Abbildungen. 1891. 4 Mark.
Nagelarbeit s. Liebhaberkünste.
Naturlehre. Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens von Dr. C. E. Brewer. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 53 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
Nivellierkunst. Von Prof. Dr. C. Pietsch. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. 1895. 2 Mark.
Numismatik s. Münzkunde.
Nutzgärtnerei. Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues von Hermann Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Wesselhöft. Mit 63 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
Obstbau s. Nutzgärtnerei.
Obstverwertung. Anleitung zur Behandlung und Aufbewahrung des frischen Obstes, zum Dörren, Einkochen und Einmachen, sowie zur Wein-, Likör-, Branntwein- und Essigbereitung aus den verschiedensten Obst- und Beerenarten von Johannes Wesselhöft. Mit 45 Abbildungen. 1897. 3 Mark.
Orden s. Ritter- und Verdienstorden.

Orgel. Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel von E. F. Richter. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Hans Menzel. Mit 25 Abbildungen. 1896. 3 Mark.

Ornamentik. Leitfaden über die Geschichte, Entwickelung und die charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten von F. Kanitz. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 131 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Orthographie s. Rechtschreibung.

Pädagogik. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. 1890. 2 Mark.

Paläographie s. Urkundenlehre.

Paläontologie s. Versteinerungskunde.

Patentwesen, Muster- und Warenzeichenschutz von Otto Sack. Mit 3 Abbildungen. 1897. 2 Mark 50 Pf.

Perspektive, angewandte. Nebst Erläuterungen über Schattenkonstruktion und Spiegelbilder. Von Max Kleiber. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 145 in den Text gedruckten und 7 Tafeln Abbildungen. 1896. 3 Mark.

Petrefaktenkunde s. Versteinerungskunde.

Petrographie. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Dr. J. Blaas. Mit 40 Abbildungen. 1882. 2 Mark.

Philosophie. Von J. H. v. Kirchmann. Vierte, durchgesehene Auflage. 1897. 3 Mark.

Philosophie, Geschichte der, von Thales bis zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 4 Mark.

Photographie. Anleitung zur Erzeugung photographischer Bilder von Dr. J. Schnauß. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.

Phrenologie. Von Dr. G. Scheve. Achte Auflage. Mit Titelbild und 18 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Physik. Von Dr. J. Kollert. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 273 Abbildungen. 1895. 4 Mark 50 Pf.

Poetik, deutsche. Von Dr. J. Minckwitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1877. 1 Mark 80 Pf.

Porzellan- und Glasmalerei. Von Robert Ulke. Mit 77 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Projektionslehre. Mit einem Anhange, enthaltend die Elemente der Perspektive. Von Julius Hoch. Mit 100 Abbildungen. 1891. 2 Mark.

Psychologie. Von Fr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 3 Mark.

Punzieren s. Liebhaberkünste.

Pyrotechnik s. Lustfeuerwerkerei.

Radfahrsport. Von Dr. Karl Biesendahl. Mit 1 Titelbild und 104 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Raumberechnung. Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art von Dr. C. Pietsch. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 55 Abbildungen. 1888. 1 Mark 80 Pf.

Rebenkultur s. Weinbau.

Rechenkunst s. Arithmetik.

Rechtschreibung, neue deutsche. Von Dr. G. A. Saalfeld. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Redekunst. Anleitung zum mündlichen Vortrage von Roderich Benedix. Fünfte Auflage. 1896. 1 Mark 50 Pf.

Registratur- und Archivkunde. Handbuch für das Registratur- und Archivwesen bei den Reichs-, Staats-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten ꝛc., sowie bei den Staatsarchiven von Georg Holtzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. 1883. 3 Mark.

Reich, das Deutsche. Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches von Dr. Wilh. Zeller. Zweite, vielfach umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1880. 3 Mark.

Reinigung s. Wäscherei.

Ritter- und Verdienstorden aller Kulturstaaten der Welt innerhalb des 19. Jahrhunderts. Auf Grund amtlicher und anderer zuverlässiger Quellen zusammengestellt von Maximilian Gritzner. Mit 760 Abbildungen. 1893. 9 Mark, in Pergamenteinband 12 Mark.
Rosenzucht. Vollständige Anleitung über Zucht, Behandlung und Verwendung der Rosen im Lande und in Töpfen von Hermann Jäger. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von P. Lambert. Mit 70 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
Schachspielkunst. Von K. J. S. Portius. Elfte Auflage. 1895. 2 Mark.
Schlitten-, Schlittschuh- und Schneeschuhsport s. Wintersport.
Schnitzerei s. Liebhaberkünste.
Schreibunterricht. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Georg Funk. Mit 82 Figuren. 1893. 1 Mark 50 Pf.
Schwimmkunst. Von Martin Schwägerl. Zweite Auflage. Mit 111 Abbildungen. 1897. 2 Mark.
Sittenlehre s. Ethik.
Sozialismus, moderner. Von Max Haushofer. 1896. 3 Mark.
Sphragistik s. Urkundenlehre.
Spinnerei, Weberei und Appretur. Lehre von der mechanischen Verarbeitung der Gespinstfasern. Dritte, bedeutend vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. A. Ganswindt. Mit 196 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
Sprachlehre, deutsche. Von Dr. Konrad Michelsen. Vierte Auflage, herausgegeben von Friedrich Nedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.
Staatsrecht s. Reich, das Deutsche.
Statik. Mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden von Walther Lange. Mit 284 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Steinätzen, -mosaik s. Liebhaberkünste.
Stenographie. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besonderen von Prof. H. Krieg. Zweite, vermehrte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.
Stilarten s. Baustile.
Stilistik. Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze von Dr. Konrad Michelsen. Zweite, durchgesehene Auflage, herausgegeben von Ed. Michelsen. 1889. 2 Mark.
Tanzkunst. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende nebst einem Anhang über Choreographie von Bernhard Klemm. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 82 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Technologie, mechanische. Von A. v. Ihering. Mit 163 Abbildungen. 1888. 4 Mark.
Teichwirtschaft s. Fischzucht.
Telegraphie, elektrische. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 315 Abbildungen. 1883. 4 Mark.
Tierzucht, landwirtschaftliche. Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.
Ton, der gute, und feine Sitte. Von Eufemia v. Adlersfeld geb. Gräfin Ballestrem. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1895. 2 Mark.
Trichinenschau. Von F. W. Rüffert. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 52 Abbildungen. 1895. 1 Mark 80 Pf.
Trigonometrie. Von Franz Bendt. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 42 Figuren. 1894. 1 Mark 80 Pf.
Turnkunst. Von Dr. M. Kloss. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 Abbildungen. 1887. 3 Mark.
Uhrmacherkunst. Von F. W. Rüffert. Dritte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 229 Abbildungen und 7 Tabellen. 1885. 4 Mark.
Unfallversicherung. Von Georg Wengler. [Unter der Presse.]
Uniformkunde. Von Richard Knötel. Mit über 1000 Einzelfiguren auf 100 Tafeln, gezeichnet vom Verfasser. 1896. 6 Mark.
Urkundenlehre. — Katechismus der Diplomatik, Paläographie, Chronologie und Sphragistik von Dr. Fr. Leist. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 6 Tafeln Abbildungen. 1893. 4 Mark.

Ventilation s. Heizung.
Verfassung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.
Versicherungswesen. Von Oskar Lemcke. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 40 Pf.
Verskunst, deutsche. Von Dr. Roderich Benedix. Dritte, durchgesehene und verbesserte Auflage. 1894. 1 Mark 50 Pf.
Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Von Hippolyt Haas. Mit 178 Abbildungen. 1887. 3 Mark.
Villen und kleine Familienhäuser. Von Georg Aster. Mit 112 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 23 in den Text gedruckten Figuren. Sechste Auflage. 1897. 5 Mark.
Völkerkunde. Von Dr. Heinrich Schurtz. Mit 67 Abbildungen. 1893. 4 Mark.
Völkerrecht. Mit Rücksicht auf die Zeit- und Streitfragen des internationalen Rechtes. Von A. Bischof. 1877. 1 Mark 50 Pf.
Volkswirtschaftslehre. Von Hugo Schober. Fünfte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. Ed. O. Schulze. 1896. 4 Mark.
Vortrag, mündlicher, s. Redekunst.
Wappenkunde s. Heraldik.
Warenkunde. Von E. Schick. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, neu bearbeitet von Dr. G. Heppe. 1886. 3 Mark.
Warenzeichenschutz s. Patentwesen.
Wäscherei, Reinigung und Bleicherei. Von Dr. Herm. Grothe. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage Mit 41 Abbildungen. 1884. 2 Mark.
Weberei s. Spinnerei.
Wechselrecht, allgemeines deutsches. Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Checkgesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1884. 2 Mark.
Weinbau, Rebenkultur und Weinbereitung. Von Fr. Jak. Dochnahl. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit einem Anhange: Die Kellerwirtschaft. Von A. v. Babo. Mit 55 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Weltgeschichte, allgemeine. Von Dr. Theodor Flathe. Zweite Auflage. Mit 5 Stammtafeln und einer tabellarischen Uebersicht. 1884. 3 Mark.
Wintersport. Von Max Schneider. Mit 140 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
Zeugdruck s. Färberei.
Ziergärtnerei. Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, sowie über Blumenzucht von Herm. Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 76 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
Zimmergärtnerei. Nebst einem Anhang über Anlegung und Ausschmückung kleiner Gärtchen an den Wohngebäuden. Von M. Lebl. Mit 56 Abbildungen. 1890. 2 Mark
Zoologie. Von Dr. C. G. Giebel. Mit 124 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Verzeichnisse mit ausführlicher Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes und Schlagwortregister stehen auf Wunsch kostenfrei zur Verfügung.

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig
Reudnitzerstraße 1—7.

(Februar 1898.)

Druck von J. J. Weber in Leipzig.